Royaume du Maroc

Ministère de l'Education Nationale,
du Préscolaire et des Sports

## Classes Préparatoires aux Grandes Écoles

# Programmes de la première année MPSI

# Avant-propos

L'éducation est un pilier essentiel du développement national. Considérée comme la clé de l'innovation et du progrès, elle joue un rôle stratégique dans la préparation des nouvelles générations aux défis du monde moderne. Dans notre système éducatif, les Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) occupent une place centrale : en dispensant une formation exigeante et rigoureuse, elles préparent les étudiants à accéder aux grandes écoles d'ingénieurs et de management, tout en favorisant leur insertion et leur contribution active au développement du pays.

Les nouveaux programmes des CPGE que nous présentons aujourd'hui sont en accord total avec la Vision Stratégique 2015-2030 et la Loi-Cadre 51-17, qui placent l'éducation au cœur des priorités nationales. Conçue pour renforcer l'excellence académique, cette nouvelle version des programmes a pour finalité la maîtrise approfondie des disciplines de spécialité tout en préparant les étudiants à un monde en perpétuelle mutation. Ainsi, les contenus et les méthodes pédagogiques ont été adaptés en fonction des défis scientifiques et technologiques du monde actuel.

Grâce à cette refonte des programmes, les CPGE accentuent la pertinence et la solidité de la formation dispensée dans les disciplines fondamentales dont la maîtrise représente un atout considérable pour la réussite dans des parcours académiques et professionnels de haut niveau. En plus du développement des compétences scientifiques et techniques, cette formation vise également à développer des aptitudes transversales essentielles, telles que la pensée critique, la créativité et le traitement de problèmes complexes, afin de mieux armer les étudiants face aux enjeux contemporains.

Ces programmes accordent aussi une importance particulière aux aspects humains et culturels de la formation dans la mesure où ils mettent l'accent sur l'ouverture d'esprit, la communication et le plurilinguisme, autant d'éléments clés pour préparer les étudiants à évoluer dans un environnement mondialisé. Cette ouverture leur permet d'élargir leur vision du monde, en même temps qu'elle cultive chez eux des valeurs typiques des citoyens résolus aux défis à l'échelle locale, nationale et internationale.

Une autre caractéristique mise en avant par cette refonte est l'initiation à la recherche scientifique qui occupe une place privilégiée dans le nouveau dispositif. Cette composante a pour rôle d'inciter les étudiants à adopter une attitude dynamique envers le progrès scientifique, les encourageant à jouer un rôle actif dans l'évolution de leurs domaines d'étude et de recherche. Cette dimension revêt une importance particulière dans un monde où la capacité à concevoir des solutions novatrices et à résoudre des problématiques complexes est un avantage déterminant.

Ces programmes ne se limitent donc pas à un simple parcours académique, ils incarnent une ambition éducative audacieuse visant à faire des jeunes d'aujourd'hui les leaders de demain. Ils constituent un véritable tremplin pour l'avenir, préparant les étudiants à contribuer activement à l'émergence et à la compétitivité du Maroc sur la scène internationale. En misant sur une formation alliant excellence académique, innovation et valeurs humaines, nous œuvrons à construire un pays où le progrès et la créativité vont de pair avec l'inclusion sociale et le développement durable.

**Mohamed Saad Berrada**

Ministre de l'Éducation Nationale,
du Préscolaire et des Sports

# Table des matières


## Mathématiques *page 1*

Objectifs généraux de formation

Organisation du programme

Texte du programme ◆ Contenu du programme ◆ Organisation temporelle de la formation ◆ Recommandations pédagogiques pour le choix d'une progression

## Première période *page 9*

Éléments de logique

Réels et complexes

Nombres complexes : calculs algébriques et applications géométriques ◆ Compléments de calcul algébrique ◆ Nombres réels

Suites numériques

Fonctions de la variable réelle

Vocabulaire général ◆ Limites et continuité ◆ Dérivation ◆ Suites récurrentes ◆ Fonctions usuelles, fonctions convexes ◆ Primitives et EDL ◆ Calcul de primitives ◆ Équations différentielles linéaires

Introduction à l'algèbre

Arithmétique des entiers ◆ Vocabulaire relatif aux structures algébriques usuelles ◆ Structures d'anneau et de corps ◆ Calcul matriciel et systèmes d'équations linéaires ◆ Calcul matriciel ◆ Systèmes d'équations linéaires

Polynômes et fractions rationnelles

## Deuxième période *page 37*

### Développements limités

### Espaces vectoriels

Généralités sur les espaces vectoriels ◆ Espaces vectoriels de dimension finie ◆ Applications linéaires ◆ Notions sur les formes linéaires et les hyperplans ◆ Sous-espaces affines d'un espace vectoriel

### Matrices

Matrice d'une application linéaire dans des bases ◆ Application linéaire canoniquement associée à une matrice ◆ Changements de bases, équivalence et similitude

### Groupe symétrique et déterminants

Groupe symétrique ◆ Déterminants

### Espaces préhilbertiens réels

Produit scalaire, norme associée ◆ Orthogonalité ◆ Projection orthogonale sur un sous-espace vectoriel de dimension finie ◆ Un peu de géométrie affine euclidienne

### Intégration sur un segment

Fonction en escalier, fonction continue par morceaux sur un segment ◆ Intégrale d'une fonction continue par morceaux sur un segment ◆ Intégrale fonction de sa borne supérieure et applications ◆ Calcul approché d'intégrales ◆ Intégration des fonctions continues par morceaux sur un intervalle ◆ Intégrales généralisées sur un intervalle de la forme $[a, +\infty[$, avec $a \in \mathbb{R}$ ◆ Intégrabilité sur un intervalle de la forme $[a, +\infty[$, avec $a \in \mathbb{R}$ ◆ Intégrales généralisées sur un intervalle quelconque ◆ Intégrales absolument convergentes et fonctions intégrables ◆ Intégration des relations de comparaison

### Séries numériques

Convergence et divergence ◆ Cas des séries à termes positifs ◆ Séries à termes quelconques

### Fonctions de deux variables

Fonctions d'une variable réelle à valeurs dans $\mathbb{R}^2$ ◆ Notions sur les arcs paramétrés plans ◆ Fonctions de deux variables

### Dénombrement et probabilités

Dénombrement ◆ Probabilité sur un univers fini ◆ Espace probabilisable fini ◆ Espace probabilisé fini ◆ Probabilité conditionnelle, indépendance ◆ Variables aléatoires réelles

## Physique *page 80*

Préambule

Objectifs de formation en physique ◆ Repères pour l'enseignant ◆ Communication à l'écrit et à l'oral ◆ Évaluation des élèves ◆ Organisation des programmes

## Formation expérimentale *page 86*

À propos de la formation

Objectifs de la formation ◆ Organisation de la formation ◆ Mesures et incertitudes ◆ Prévention du risque au laboratoire de physique ◆ Thèmes de travaux pratiques et objectifs

Mesures et incertitudes

Incertitudes de mesures

Électronique

Instrumentation électronique au laboratoire, présentation, réglage et règles d'utilisation (1/2) ◆ Instrumentation électronique au laboratoire, présentation, réglage et règles d'utilisation (2/2) ◆ Régimes transitoires de circuits électriques *RC* et *RL* ◆ Régimes transitoires de circuits électriques *RLC* ◆ Régime sinusoïdal forcé et résonances du circuit *RLC* ◆ Mesures de résistances et d'impédances ◆ Étude d'un filtre passif de premier ordre et d'un filtre passif de second ordre ◆ Présentation et utilisation d'une station d'acquisition ◆ ALI en régime linéaire : amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur et suiveur ◆ ALI en régime linéaire : intégrateur, dérivateur ◆ Étude d'un filtre actif de premier ordre et d'un filtre actif de second ordre ◆ ALI en régime saturé : comparateur simple, comparateur à hystérésis, multivibrateur astable à amplificateur linéaire intégré

Optique

Lois de la réflexion et de la réfraction. ◆ Focométrie des lentilles minces et des miroirs sphériques. ◆ Étude de quelques instruments optiques de laboratoire et leur utilisation ◆ Réglage et utilisation d'un spectrogoniomètre, spectroscope à prisme.

Mécanique

Étude de mouvements par enregistrements numériques : la chute libre

Thermodynamique

Étude des isothermes d'un corps pur. ◆ Caractéristique statique d'un capteur ◆ Mesures

calorimétriques : mesure d'une capacité thermique et d'une chaleur latente. ◆ Étude d'une machine thermique cyclique ditherme.

Électromagnétisme

Production et mesure du champs magnétique. Spectre magnétique.

Compte-rendu

**Contenus thématiques** *page 102*

Électronique

Lois générales dans le cadre de l'ARQP ◆ Éléments de circuits linéaires ◆ Régime transitoire ◆ Régime sinusoïdal forcé ◆ Filtrage linéaire ◆ Amplificateur Linéaire Intégré

Optique

Approximation de l'optique géométrique ◆ Formation des images dans les conditions de Gauss ◆ Modèles de quelques dispositifs optiques

Mécanique

Description et paramétrage du mouvement d'un point ◆ Dynamique du point matériel dans un référentiel galiléen, lois de Newton ◆ Puissance et travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique ◆ Mouvement de particules chargées ◆ Oscillateur linéaire à un degré de liberté ◆ Théorème du moment cinétique ◆ Mouvements dans un champs de forces centrales conservatives ◆ Dynamique du point matériel dans un référentiel non galiléen

Physique quantique

Thermodynamique

Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre ◆ Statique des fluides dans un référentiel galiléen ◆ Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé ◆ Deuxième principe de la thermodynamique pour un système fermé ◆ Changement de phase d'un corps pur ◆ Étude des machines thermiques

Électromagnétisme

champs et potentiel électrostatiques ◆ Dipôle électrostatique ◆ champs magnétostatique ◆ Dipôle magnétique

**ANNEXES** *page 144*

Liste de matériel

Outils mathématiques

Outils numériques

**Chimie** *page 153*

Préambule

Objectifs de formation en chimie ◆ Repères pour l'enseignant ◆ Communication à l'écrit et à l'oral ◆ Évaluation des élèves ◆ Organisation des programmes

**Formation expérimentale** *page 159*

À propos de la formation

Objectifs de la formation expérimentale ◆ Organisation de la formation expérimentale

Prévention des risques

Prévention des risques au laboratoire ◆ Prévention de l'impact environnemental

Thèmes et objectifs

Mesures et incertitudes

Solutions acqueuses

Initiation aux TP de chimie. Préparation de solutions aqueuses. ◆ Dosages pH-métrique et conductimétrique acide fort/base forte ◆ Dosage pH-métrique et conductimétrique acide faible / base forte ◆ Mise en évidence expérimentale de l'effet tampon. ◆ Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base forte ◆ Dosage complexométrique ◆ Dosage par précipitation, détermination de $K_s$. ◆ Dosage potentiométrique

Cinétique des systèmes chimiques

Étude cinétique d'une réaction chimique par spectrophotométrie. Détermination de l'ordre partiel par rapport à un réactif.

Structure du solide

Utilisation d'un logiciel et/ou des modèles cristallins

Compte-rendu

**Contenus thématiques** *page 171*

Chimie des solutions aqueuses

Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique ◆ Réactions acide-base ◆ Réactions de complexation ◆ Réactions de dissolution ou de précipitation ◆ Réactions d'oxydoréduction

Cinétique des systèmes chimiques

Évolution temporelle d'un système chimique ◆ Mécanismes réactionnels en cinétique homogène

Liens entre structure et propriétés

Structure électronique de l'atome ◆ Structure électronique des molécules ◆ Relations entre la structure et les propriétés physiques

Structure microscopiques

Modèle du cristal parfait ◆ Structures des corps composés ioniques et binaires ◆ Cristaux covalents et moléculaires

**ANNEXES** *page 190*

Liste de matériel

Matériel

Outils mathématiques

Outils numériques

## Sciences industrielles pour l'ingénieur *page 195*

Préambule

Présentation

Objectifs de la formation ◆ Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant ◆ Compétences générales de l'ingénieur développées. ◆ Activités d'enseignement. ◆ Organisation du programme et volume horaire indicatif ◆ Progression

### Premier trimestre *page 201*

Ingénierie Système et diagrammes associés

Présentation générale des systèmes ◆ Identification du besoin et des exigences ◆ Définition des frontières de l'analyse ◆ Analyse de l'organisation fonctionnelle et structurelle ◆ Identification et caractérisation des grandeurs physiques ◆ Recherche et traitement des informations ◆ Caractérisation des écarts

Mécanique

Modélisation géométrique des liaisons ◆ Cinématique du solide indéformable

**Deuxième trimestre** *page 208*

Mécanique *(suite)*

Cinématique du solide indéformable *(suite)* ◆ Statique des solides

**Troisième trimestre** *page 211*

Mécanique *(suite)*

Chaînes des solides

Automatique

Systèmes séquentiels ◆ Analyse d'un algorithme

Intelligence artificielle

## Informatique *page 213*

Préambule

Contexte de la nouvelle réforme de l'informatique en C.P.G.E. ◆ Objectifs généraux de la formation

Organisation et recommandations pédagogiques

Organisation temporelle de la formation ◆ Recommandations pédagogiques

**Première période** *page 218*

Architecture des ordinateurs et représentation des nombres

Introduction au langage Python

Récursivité

Correction et Terminaison

Types de données composés

Piles et Files

Fichiers

**Deuxième période** *page 225*

Bibliothèques mathématiques

Introduction au traitement d'images

Ingénierie numérique

## Culture Arabe et Traduction *page 229*

### Renforcement des compétences linguistiques *page 231*

Programme du niveau A2

*Unité 1.1* Langue française . . . . . 232
*Unité 1.2* Études et loisirs . . . . . 233
*Unité 1.3* Culture . . . . . 234
*Unité 1.4* Travail . . . . . 235
*Unité 1.5* Science . . . . . 236

Programme du niveau B1S

*Unité 2.1* Société . . . . . 237
*Unité 2.2* Médias . . . . . 238
*Unité 2.3* Littérature . . . . . 240
*Unité 2.4* Philosophie . . . . . 241
*Unité 2.5* Avenir . . . . . 241

Programme du niveau B2S

*Unité 3.1* Langues . . . . . 243
*Unité 3.2* Art . . . . . 244
*Unité 3.3* Science . . . . . 245
*Unité 3.4* Démocratie . . . . . 246
*Unité 3.5* Éducation . . . . . 247

Programme du niveau C1

*Unité 4.1* Ville . . . . . 249
*Unité 4.2* Féminisme . . . . . 249
*Unité 4.3* Littérature et cinéma . . . . . 250
*Unité 4.4* Médias . . . . . 250
*Unité 4.5* Numérique . . . . . 251
*Unité 4.6* Consommation . . . . . 252
*Unité 4.7* Alimentation . . . . . 252
*Unité 4.8* Santé . . . . . 253
*Unité 4.9* Économie . . . . . 253
*Unité 4.10* Tourisme . . . . . 254

### Culture arabe et traduction *page 255*

## Français *page 256*

### Renforcement des compétences linguistiques *page 257*

Programme du niveau A2

*Unité 1.1* Langue française . . . . . 258
*Unité 1.2* Études et loisirs . . . . . 259
*Unité 1.3* Culture . . . . . 260
*Unité 1.4* Travail . . . . . 261
*Unité 1.5* Science . . . . . 262

Programme du niveau B1S

*Unité 2.1* Société . . . . . 263
*Unité 2.2* Médias . . . . . 264
*Unité 2.3* Littérature . . . . . 265
*Unité 2.4* Philosophie . . . . . 266
*Unité 2.5* Avenir . . . . . 267

Programme du niveau B2S

*Unité 3.1* Langues . . . . . 268
*Unité 3.2* Art . . . . . 269
*Unité 3.3* Science . . . . . 271
*Unité 3.4* Démocratie . . . . . 272
*Unité 3.5* Éducation . . . . . 273

Programme du niveau C1

*Unité 4.1* Ville . . . . . 274
*Unité 4.2* Féminisme . . . . . 275
*Unité 4.3* Littérature et cinéma . . . . . 275
*Unité 4.4* Médias . . . . . 276
*Unité 4.5* Numérique . . . . . 276
*Unité 4.6* Consommation . . . . . 277
*Unité 4.7* Alimentation . . . . . 278
*Unité 4.8* Santé . . . . . 278
*Unité 4.9* Économie . . . . . 279
*Unité 4.10* Tourisme . . . . . 279

**Étude des oeuvres et méthodologie** *page 281*

thème et oeuvres du programme [2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
Phase de préparation ◆ Phase de rédaction

communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## Anglais *page 286*

Introduction
Broad Goals of the Course ◆ Course Prerequisites ◆ Course Components

Linguistic and Cognitive contents
Cognitive and Socio-emotional Skills ◆ Receptive Skills and Vocabulary ◆ Writing and Translation ◆ Oral Proficiency and Public Speaking ◆ Cross-cultural communication and the International mindset

**Course content for Trimesters ONE and TWO** *page 295*

A2 Scope and sequence
*Unit 1* My College . . . . . 304
*Unit 2* Now and Then . . . . . 306
*Unit 3* Entertainment . . . . . 308
*Unit 4* Media and Fact Check . . . . . 310
*Unit 5* Achievements and Prospects . . . . . 312
B1 Scope and Sequence
*Unit 1* Intergenerational Issues . . . . . 314
*Unit 2* Media & Society . . . . . 316
*Unit 3* Technology . . . . . 319
*Unit 4* Intelligence & growth . . . . . 321
*Unit 5* Going Green . . . . . 324
B2 Scope and Sequence
*Unit 1* Education . . . . . 326
*Unit 2* The Haves and the Have-nots . . . . . 328

*Unit 3* Technology matters . . . . . 330
*Unit 4* Burning issues in Digital Media . . . . . 332
*Unit 5* Gender as a Cultural Issue . . . . . 334

**Course content for Trimester THREE: contents and skills** *page 336*

Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation
Types of Tests ◆ Assessment for Learning ◆ Assessment of Learning ◆ Summative Assessment ◆ Assessment Framework

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

Table des matières

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

# Mathématiques

## Préambule

Les programmes de mathématiques des classes préparatoires scientifiques sont conçus comme un socle cohérent et ambitieux de connaissances et de capacités, avec l'objectif de préparer les élèves à poursuivre avec succès dans les écoles et les universités un cursus de formation aux métiers d'ingénieur, d'enseignant, de chercheur.

## 1 Objectifs généraux de formation

L'enseignement des mathématiques dans la filière Mathématiques et Physique (MP) a pour vocation d'apporter les connaissances fondamentales et les savoir-faire indispensables à la formation générale des scientifiques, qu'ils soient ingénieurs, enseignants ou chercheurs. Il développe les aptitudes et les capacités des élèves selon les axes majeurs suivants :

- l'acquisition d'un solide bagage de connaissances, de concepts et de méthodes, et la maîtrise de techniques usuelles ;
- le développement simultané du goût du concret et des capacités de raisonnement, d'argumentation et de rigueur ;
- l'éveil de la curiosité intellectuelle et le développement de l'esprit critique et des attitudes de questionnement, de recherche, d'analyse et de synthèse ;
- le développement de l'initiative, de l'autonomie et des capacités d'expression et de communication.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

Son objectif est double. D'une part, il permet de développer des concepts, des résultats, des méthodes et une démarche spécifiques aux mathématiques. D'autre part, il contribue à fournir un langage, des représentations, des connaissances et des méthodes dont les autres disciplines scientifiques étudiées dans ces classes et au-delà, comme la physique, la chimie, l'informatique et les sciences industrielles, sont demandeuses ou utilisatrices.

Une formation mathématique de qualité doit développer non seulement la capacité à acquérir des connaissances et à les appliquer à des problèmes préalablement répertoriés, mais aussi l'aptitude à étudier des problèmes plus globaux ou des questions issues de situations réelles. Certaines situations nécessitent la conception d'outils nouveaux pour les traiter. Ainsi, la réflexion sur les concepts et les méthodes, la pratique du raisonnement et de la démarche mathématique constituent des objectifs majeurs.

Il est attendu que la pratique de la démarche et du raisonnement mathématique à travers les notions étudiées dans le cadre de ce programme concourt à la formation de l'esprit des élèves et le développement de leurs compétences : la rigueur du raisonnement, l'esprit critique, l'analyse et le contrôle des hypothèses et des résultats obtenus et leur pertinence au regard du problème posé, le sens de l'observation et celui de la déduction trouvent en mathématiques un champ d'action où ils seront cultivés de manière spécifique. Enfin, l'autonomie et la prise d'initiative sont spécifiquement développées à travers la pratique d'activités du type « résolution de problèmes » qui visent à exercer les élèves à mobiliser, de façon complémentaire et coordonnée, connaissances et capacités pour répondre à un questionnement ou atteindre un but sans qu'aucune démarche de résolution ne soit fournie.

Pour aider les élèves à effectuer la synthèse des connaissances acquises dans les différents domaines qu'ils ont étudié, il est important de mettre en valeur l'interaction entre les différentes parties du programme, tant au niveau du cours que des thèmes des travaux proposés aux élèves. Il est aussi souhaitable de mettre en lumière les interactions des champs de connaissance. La concertation entre les enseignants par classe, discipline ou cycle peut y contribuer efficacement. La cohérence et une organisation coordonnée entre les diverses disciplines est fondamentale. 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.

Si les mathématiques sont un outil puissant de modélisation, que l'élève doit maîtriser, elles sont parfois plus contraignantes lorsqu'il s'agit d'en extraire une solution. L'évolution des techniques

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

permet désormais d'utiliser aussi l'approche numérique afin de faire porter prioritairement l'attention des élèves sur l'interprétation et la discussion des résultats plutôt que sur une technique d'obtention. Cette approche permet en outre une modélisation plus fine du monde réel, par exemple par la prise en compte d'effets non linéaires ou l'étude de situations complexes hors de portée des techniques traditionnelles. C'est aussi l'occasion pour l'élève d'exploiter les compétences acquises en informatique. C'est enfin l'opportunité de mener avec les professeurs d'informatique d'éventuelles démarches collaboratives.

Dans ce cadre, et vue la place nouvelle des sciences numériques dans la formation des scientifiques notamment dans le domaine de la simulation, les élèves doivent être entraînés à l'utilisation en mathématiques d'un logiciel de calcul scientifique et numérique pour la résolution de problèmes, la formulation de conjectures ou la représentation graphique de résultats. L'utilisation de ce logiciel, en libérant les élèves des aspects calculatoires ou techniques (calcul, dessin, représentation graphique), leur permet de se concentrer sur la démarche. Les concepts mathématiques sous-jacents sont mis en avant et l'interprétation des résultats obtenus est facilitée. L'étude de situations complexes hors de portée des techniques traditionnelles devient possible.

Concernant les capacités d'expression et de communication, cela suppose, à l'écrit, la capacité à comprendre les énoncés mathématiques, à mettre au point un raisonnement et à rédiger une démonstration rigoureuse et, à l'oral, celle de présenter et défendre, de manière claire et synthétique, une démarche ou une production mathématique. Les travaux individuels ou en équipe proposés aux élèves en dehors du temps d'enseignement (devoirs libres, interrogations orales, comptes rendus de travaux dirigés ou d'interrogations orales, exposés de TIPE) contribuent de manière efficace à développer ces compétences. La communication utilise des moyens diversifiés auxquels il convient de familiariser les élèves : cela concerne non seulement le tableau, dont la maîtrise est un élément essentiel, mais aussi les dispositifs de projection appropriés (vidéoprojecteur) et l'outil informatique.

Il est aussi souhaitable que le contenu culturel et historique des mathématiques ne soit pas sacrifié au profit de la seule technicité. En particulier, les textes et les références historiques rendent compte des interactions entre un contexte historique et social donné, une problématique spécifique et la construction, pour la résoudre, d'outils mathématiques. Ce qui met en évidence le rôle central joué par le questionnement scientifique pour le développement théorique. Ils montrent en outre que les sciences, et les mathématiques en particulier, sont en perpétuelle évolution et que le dogmatisme n'est pas la référence en la matière. Dans ce sens, il pourra s'avérer pertinent

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

d'analyser l'interaction entre problèmes et outils conceptuels. Les seconds sont développés pour résoudre les premiers mais deviennent à leur tour, et aux mains des mathématiciens, des objets d'étude qui posent de nouveaux problèmes et peuvent ultérieurement servir au traitement d'autres classes de problèmes.

On attachera une importance à l'aspect géométrique des notions et propriétés étudiées en ayant régulièrement recours à des figures et croquis, ce qui permet de développer une vision géométrique des objets abstraits et favorise de fructueux transferts d'intuition.

# 2 Organisation du programme

## 2.1 Texte du programme

Le programme de la classe de première année MPSI est présenté en deux grandes parties, chacune d'elles correspondant à une période. Chacune de ces parties définit un corpus de connaissances requises et de capacités attendues.

Le programme définit les objectifs de l'enseignement et décrit les connaissances et les capacités exigibles des élèves. Il précise aussi certains points de terminologie, certaines notations ainsi que des limites à respecter. À l'intérieur de chaque période, le programme est décliné en sections (numérotées 1, 2, …). Chaque section comporte un bandeau et un texte présenté en deux colonnes : à gauche figurent les contenus du programme et à droite les commentaires.

- le bandeau définit les objectifs essentiels, délimite le cadre d'étude des notions qui lui sont relatives. Il décrit parfois sommairement les notions qui y sont étudiées ;
- les contenus fixent les connaissances, les résultats et les méthodes figurant au programme ;
- les commentaires donnent des informations sur les capacités attendues des élèves. Ils indiquent des repères et proposent des notations. Ils précisent le sens ou les limites de certaines notions. Les énoncés de certaines définitions ou de certains résultats sont parfois intégralement explicités, l'objectif étant ici d'unifier les pratiques des enseignants.

La chronologie retenue dans la présentation des différentes sections de chaque période ne doit pas être interprétée comme un modèle de progression. Cependant, la progression retenue par chaque professeur au cours de chaque période doit respecter les objectifs de l'enseignement dispensé au

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

cours de cette période.

## 2.2 Contenu du programme

Le programme définit un corpus de connaissances requises et de capacités attendues, et explicite des aptitudes et des compétences qu'une activité mathématique bien conçue est amène de développer. Il permet à tous les élèves d'acquérir progressivement le niveau requis pour la poursuite des enseignements dispensés dans les grandes écoles, et plus généralement les poursuites d'études dans différents établissements de l'enseignement supérieur. Il leur permet également de se réorienter et de se former tout au long de leur parcours.

Le programme porte d'une part sur le secteur de l'analyse et des probabilités, et d'autre part sur celui de l'algèbre et un peu de géométrie. L'étude de chaque domaine permet de développer des aptitudes au raisonnement et à la modélisation, d'établir des liens avec d'autres disciplines, et de nourrir les thèmes susceptibles d'être abordés lors des TIPE.

En plus des nombres complexes, le programme d'algèbre comprend l'étude de l'arithmétique des entiers relatifs et des polynômes à une indéterminée, et celle des notions de base de l'algèbre linéaire pour laquelle un équilibre est réalisé entre les points de vue géométrique, algébrique et numérique. Les notions de géométrie affine et euclidienne étudiées dans le secondaire sont aussi reprises dans un cadre plus général.

Il est important de souligner le caractère général des méthodes linéaires, notamment à travers leurs interventions en analyse et en géométrie. De plus, il est à noter que même si la géométrie n'apparaît pas comme un champ autonome, son importance dans la représentation des notions et objets au programme ne saurait être sous-estimée. Ainsi, le programme préconise le recours à des figures géométriques chaque fois que cela est possible et notamment pour l'étude des nombres complexes, de l'algèbre linéaire, des espaces euclidiens et des fonctions d'une variable réelle.

Le programme d'analyse est centré autour des concepts fondamentaux de suite et de fonction. Les interactions entre les aspects discret et continu y sont mises en valeur. Il combine l'étude de problèmes qualitatifs et quantitatifs, il développe conjointement l'étude du comportement global de suite ou de fonction avec celle de leur comportement local ou asymptotique. Les méthodes de l'analyse asymptotique sont exploitées dans l'étude des courbes, des séries numériques et des intégrales impropres. Enfin, les fonctions de deux variables sont abordées. Pour l'étude des solutions des équations, le programme allie les problèmes d'existence et d'unicité, les méthodes

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

de calcul exact et les méthodes d'approximation.

L'enseignement des probabilités se place dans le cadre discret. La notion de variable aléatoire discrete y est étudiée et permet d'aborder des situations réelles nécessitant une modélisation probabiliste. L'accent mis sur cette notion permet de travailler rapidement avec des événements construits en termes de variables aléatoires.

Le programme aborde les notions de convergence et de comparaison des ordres de grandeur (étude locale), l'étude des propriétés globales des fonctions liées à la continuité et à la dérivabilité, l'étude des probabilités et des variables aléatoires discrètes ainsi que les notions de dimension et de rang en algèbre linéaire, et quelques notions de base sur le produit scalaire, la géométrie euclidienne et les fonctions de deux variables. Il développe les techniques relatives

- à l'usage des inégalités (accroissements finis, convexité, TAYLOR-LAGRANGE, CAUCHY-SCHWARZ, etc.) ;
- aux calculs sur les nombres (entiers, réels, complexes) et les polynômes ;
- à la pratique des développements limités et leurs applications ;
- à l'étude de la convergence ou de la divergence d'une suite, d'une série ou d'une intégrale ;
- à la résolution des équations différentielles linéaires scalaires ;
- au calcul matriciel et à celui des déterminants ;
- aux méthodes d'approximation et à la pratique d'algorithmes divers.

La pratique de calculs simples permet aux élèves de s'approprier de manière effective les notions du programme. Ils doivent savoir mettre en oeuvre directement (c'est-à-dire sans recourir à un instrument de calcul), sur des exemples simples, un certain nombre de méthodes de calcul, mais aussi connaître leur cadre d'application et la forme des résultats qu'elles permettent d'obtenir.

Le programme encourage la démarche algorithmique et le recours à l'outil informatique (calculatrices programmables, logiciels de calcul scientifique). Il identifie un certain nombre d'algorithmes (algorithmes du pivot de GAUSS, d'EUCLIDE, de HÖRNER, de GRAM-SCHMIDT, méthodes de NEWTON et des approximations successives, méthodes de calcul approché d'intégrales, etc.) qui doivent être connus et pratiqués par les élèves. Ceux-ci doivent également savoir utiliser les fonctionnalités graphiques des calculatrices et des logiciels.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## 2.3 Organisation temporelle de la formation

Le programme de la classe de première année MPSI est présenté en deux grandes parties, chacune d'elles correspondant à une période. Le programme de la première période est étudié complètement en premier lieu, lors des cinq premiers mois de l'année. Celui de la deuxième période est ensuite abordé. Le programme doit être traité en veillant à alterner, de préférence, des chapitres d'analyse et de probabilité d'une part et d'algèbre et de géométrie euclidienne de l'autre.

Les objectifs majeurs du programme de la première période sont les suivants :

- assurer la progressivité du passage aux études supérieures en commençant les cours dans le prolongement des programmes du cycle du baccalauréat scientifique, mettant ainsi à profit les connaissances acquises au lycée ;
- familiariser les élèves avec la terminologie française ;
- amener les élèves vers des problèmes effectifs d'analyse, de probabilités, d'algèbre ou de géométrie en veillant à développer leur :
  - intuition et imagination,
  - capacité à formuler clairement des résultats et à effectuer des raisonnements rigoureux,
  - capacité à argumenter et à mettre au point des démonstrations,
- susciter la curiosité et l'intérêt des élèves en leur présentant un spectre suffisamment large de problématiques et de champs nouveaux ;
- donner les bases mathématiques indispensables à l'enseignement des autres disciplines scientifiques (physique, chimie, sciences industrielles, informatique, …) ;
- éviter de proposer des exposés formels plus ou moins dogmatiques et inconsistants.

## 2.4 Recommandations pédagogiques pour le choix d'une progression

Le programme est présenté en deux grandes parties, mais son organisation n'est pas un plan de cours. Il va de soi que cette présentation n'est qu'une commodité de rédaction et ne doit pas faire oublier les interactions nombreuses et étroites entre les différents domaines des mathématiques.

Les sections qui composent le programme suivent un ordre thématique qui n'est d'ailleurs pas le seul possible. Cette organisation a pour objet de présenter les différentes notions du programme de mathématiques et ne peut en aucun cas être considéré comme une progression de cours.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

Chaque professeur adopte librement la progression qu'il juge adaptée au niveau de sa classe et conduit l'organisation de son enseignement dans le respect de la cohérence de la formation globale et en privilégiant la découverte et l'exploitation de problématiques, la réflexion sur les démarches suivies, les hypothèses formulées et les méthodes de résolution. Il choisit ses méthodes et ses problématiques en privilégiant la mise en activité [1] effective des élèves et en évitant tout dogmatisme, et ce quel que soit le temps d'enseignement proposé (cours, travaux dirigés, TIPE). En effet, l'acquisition des connaissances, des capacités et des compétences est d'autant plus efficace que les élèves sont acteurs de leur formation. Le contexte d'enseignement retenu et les supports pédagogiques utilisés doivent motiver les élèves et favoriser la réflexion, le raisonnement, la participation et l'autonomie de ces derniers. Les situations de résolution de problèmes, de la modélisation jusqu'à la présentation des résultats en passant par la démarche de résolution proprement dite, favorisent cette mise en activité.

En contrepartie de cette liberté dans l'organisation de la progression, le respect des *objectifs de formation et son étalement dans l'année*, comme indiqués ci-dessus, reste une nécessité incontournable.

1. " Tell me and I forget, teach me and I may remember, involve me and I learn." BENJAMIN FRANKLIN (« Dis-moi et j'oublie, enseigne-moi et je peux me rappeler, implique-moi et j'apprends. »)

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

# Première période

## 1 Vocabulaire ensembliste et éléments de logique

*Cette section regroupe les différents points de vocabulaire, notations, outils et raisonnement nécessaires aux élèves pour la conception, l'argumentation et la rédaction efficace d'une démonstration mathématique.*

*Ces notions doivent être introduites de manière progressive, au fur et à mesure des besoins et des exemples rencontrés dans le programme, en vue d'être acquises en fin de la première période. Elles ne doivent faire l'objet d'aucune étude exhaustive bloquée en début d'année. Toute étude systématique de la logique ou de la théorie des ensembles est hors programme.*

*Le programme se limite strictement aux notions de base figurant ci-dessous.*

*On suppose les élèves familiers avec la théorie naïve élémentaire des ensembles. L'objectif est de fixer la terminologie.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves sachent :*

- *utiliser correctement les connecteurs logiques ;*
- *utiliser à bon escient les quantificateurs universel, existentiel et repérer les quantifications implicites dans certaines propositions et, particulièrement, dans les propositions conditionnelles ;*
- *utiliser correctement les expressions « condition nécessaire », « condition suffisante » ;*
- *formuler la négation d'une proposition ;*
- *distinguer, dans le cas d'une proposition conditionnelle, la proposition directe, sa réciproque, sa contraposée et sa négation ;*
- *utiliser un contre-exemple pour infirmer une proposition universelle ;*
- *reconnaître et utiliser des types de raisonnement spécifiques : raisonnement par contraposée,*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

*raisonnement par disjonction des cas, raisonnement par analyse-synthèse, raisonnement par l'absurde, raisonnements par récurrence.*

| | |
|---|---|
| Implication, contraposition, équivalence, condition nécessaire, condition suffisante. Connecteurs ET et OU. Négation d'un énoncé. | Les élèves doivent être capables de formuler la négation d'un énoncé, d'une proposition. |
| Quantificateurs universel $\forall$ et existentiel $\exists$. | Les élèves doivent être entraînés à l'emploi des quantificateurs pour formuler avec précision les énoncés mathématiques ainsi que leurs négations. On insistera sur la qualité de rédaction des textes mathématiques ou plus généralement scientifiques. En particulier l'utilisation des quantificateurs et des symboles mathématiques en tant qu'abréviations est exclu. |
| Raisonnement par disjonction des cas ; raisonnement par contraposition ; raisonnement par analyse-synthèse ; raisonnement par l'absurde. | Ces notions doivent être introduites au moyen de plusieurs exemples utilisant les acquis du lycée. Le raisonnement par analyse-synthèse est l'occasion de préciser les notions de « condition nécessaire » et « condition suffisante ». |
| Ensemble $\mathbb{N}$ des entiers naturels. Toute partie non vide de $\mathbb{N}$ admet un plus petit élément. Raisonnements par récurrence (simple, double et forte). | On ne construit pas $\mathbb{N}$, on rappelle et on utilise ses propriétés. |
| Ensembles. Éléments d'un ensemble, relation d'appartenance. Parties (ou sous-ensembles) d'un ensemble, relation d'inclusion. | L'ensemble vide est noté $\emptyset$, l'ensemble des parties d'un ensemble $E$ est noté $\mathcal{P}(E)$. |
| Opérations sur les parties d'un ensemble : réunion, intersection, différence, passage au complémentaire. Recouvrement disjoint, partition d'un ensemble. Produit cartésien d'un nombre fini d'ensembles. | Notation $A \setminus B$ pour la différence et $E \setminus A$ ou $\overline{A}$ ou $C_E^A$ ou $A^c$ pour le complémentaire d'une partie $A$ de $E$. |
| Relation binaire sur $E$ ; relation d'équivalence ; classes d'équivalence. | La notion d'ensemble-quotient est hors programme. L'ensemble des classes d'équivalence réalise une partition de $E$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Relation d'ordre, ordre partiel, ordre total. Pour $A$ partie non vide de $E$ ordonné : notions de majorant et de minorant, de plus grand élément (maximum), et plus petit élément (minimum). | Congruences dans $\mathbb{R}$, dans $\mathbb{Z}$. Notation $a \equiv b\ [c]$. |
| Application (ou fonction) d'un ensemble non vide $E$ dans un ensemble non vide $F$. Graphe d'une application. Restriction et prolongement. | Le programme ne distingue pas les notions de fonction et d'application. On insistera sur l'existence et l'unicité de l'image de tout élément de l'ensemble de départ $E$.<br>Notations $\mathcal{F}(E,F)$ et $F^E$.<br>La restriction de $f$ à $A$ est notée $f\|_A$. |
| Famille indexée par un ensemble non vide. | |
| Indicatrice d'une partie $A$ d'un ensemble $E$. | Notation $1_A$. On a $1_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \in E \setminus A \end{cases}$ |
| Image directe, image réciproque. | Notations $f(A)$ et $f^{-1}(B)$. |
| Composition d'applications. | |
| Injection, surjection, bijection. Application réciproque d'une bijection. Composées de deux injections, de deux surjections, de deux bijections. Réciproque de la composée de deux bijections. | L'application réciproque d'une bijection $f$ est notée $f^{-1}$. La notation $f^{-1}(B)$ est cohérente. |

# 2 Réels et complexes

## 2.1 Nombres complexes : calculs algébriques et applications géométriques

*L'objectif de cette section est de consolider et d'approfondir les notions sur les nombres complexes acquises en classe de terminale du cycle du baccalauréat. Le programme combine les aspects suivants :*

- *l'étude algébrique du corps $\mathbb{C}$ et des équations algébriques (équations du second degré, racines n-ièmes d'un nombre complexe) ;*
- *l'interprétation géométrique des nombres complexes et leur utilisation en géométrie plane ;*
- *l'introduction de l'exponentielle complexe et l'étude de ses applications à la trigonométrie.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves sachent manipuler les nombres complexes et les utiliser pour résoudre des problèmes de géométrie plane.*

*Il est recommandé d'illustrer le cours par de nombreuses figures.*

| Nombres complexes, conjugaison et module | |
|---|---|
| Parties réelle et imaginaire d'un nombre complexe ; notations $\mathrm{Re}(z)$ et $\mathrm{Im}(z)$. | L'ensemble $\mathbb{C}$ peut être construit à partir de $\mathbb{R}^2$ mais le programme ne comporte aucun résultat théorique sur cette construction. |
| Conjugaison. Opérations sur les nombres complexes, propriétés. | Compatibilité de la conjugaison avec les opérations. |
| Point du plan associé à un nombre complexe, affixe d'un point du plan, affixe d'un vecteur. | Le plan affine euclidien rapporté à un repère orthonormé direct est identifié à $\mathbb{C}$. |
| Module d'un nombre complexe, relation $\|z\|^2 = z\bar{z}$. Module d'un produit, d'un quotient. Inégalité triangulaire, cas d'égalité. | Interprétation géométrique de $\|z - z'\|$, distance, cercle et disque. |
| **Nombres complexes de module 1 et trigonométrie** | |
| Cercle trigonométrique $\mathbb{U}$. Paramétrisation par les fonctions circulaires cosinus et sinus. Définition de $e^{it}$, $t \in \mathbb{R}$. Relation $e^{i(s+t)} = e^{is}e^{it}$. Trigonométrie circulaire : formules d'addition $\cos(a \pm b)$, $\sin(a \pm b)$, $\tan(a \pm b)$. Cas particulier des formules de duplication $\cos(2a)$, $\sin(2a)$ et $\tan(2a)$. | On présentera une justification géométrique de l'une de ces formules. Les élèves doivent savoir retrouver rapidement les formules donnant $\cos(a)\cos(b)$, $\cos(a)\sin(b)$, $\sin(a)\sin(b)$ ainsi que les formules donnant $\cos(p) \pm \cos(q)$, $\sin(p) \pm \sin(q)$. |
| Cosinus, sinus et tangente de $\pi \pm \theta$, de $\frac{\pi}{2} \pm \theta$. Cosinus, sinus et tangentes des angles usuels. | Les élèves doivent savoir retrouver les expressions de $\cos(\theta)$ et $\sin(\theta)$ en fonction de $\tan(\theta/2)$. |
| Exemples de résolution d'équations et d'inéquations trigonométriques simples. | Les élèves doivent savoir résoudre de telles équations et inéquations en s'aidant du cercle trigonométrique. |
| Formules d'EULER. Technique de l'angle moitié : factorisation de $1 \pm e^{it}$ et de $e^{is} \pm e^{it}$, $s, t \in \mathbb{R}$. | Les élèves doivent savoir linéariser des puissances de fonctions circulaires et exprimer simplement |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| | des sommes comme $\sum_{k=0}^{n} \cos(kt)$ et $\sum_{k=0}^{n} \sin(kt)$. |
| Formule de MOIVRE | Les élèves doivent savoir retrouver les expressions de $\cos(nt)$ et $\sin(nt)$ en fonction de $\cos t$ et $\sin t$. |
| **Forme trigonométrique d'un nombre complexe** | |
| Forme trigonométrique $re^{it}$ avec $r > 0$ d'un nombre complexe non nul. Argument. Argument d'un produit, d'un quotient. Coordonnées polaires. | Relation de congruence modulo $2\pi$ sur $\mathbb{R}$. Notation $a \equiv b\ [2\pi]$. Transformation de $a\cos t + b\sin t$ en $A\cos(t-\varphi)$ (amplitude et phase). |
| **Équations algébriques, racines de l'unité** | |
| Pour $P$ fonction polynomiale à coefficients complexes admettant $a$ pour racine, factorisation de $P(z)$ par $z-a$. | |
| Résolution des équations du second degré dans $\mathbb{C}$. Somme et produit des racines. | Calcul des racines carrées d'un nombre complexe donné sous forme algébrique. Racines $n$-ièmes de l'unité, d'un nombre complexe non nul donné sous forme trigonométrique. Notation $\mathbb{U}_n$. Représentation géométrique. |
| **Exponentielle complexe** | |
| Exponentielle complexe : $e^z = e^{\mathrm{Re}(z)}e^{i\,\mathrm{Im}(z)}$. Exponentielle d'une somme. Pour tous $z$ et $z'$ dans $\mathbb{C}$, $\exp(z) = \exp(z')$ si, et seulement si, $z - z' \in 2i\pi\mathbb{Z}$. Résolution de l'équation $\exp(z) = a$. | Notation $\exp(z)$ ; module et arguments de $e^z$. |
| **Interprétation géométrique des nombres complexes** | |
| Interprétation géométrique du module et de l'argument de $\frac{c-a}{b-a}$, $a, b, c \in \mathbb{C}$ avec $c \neq a$ et $b \neq a$. | Traduction de l'alignement, de l'orthogonalité. Cocyclicité. |
| Interprétation géométrique des applications $z \mapsto az+b$. Similitudes directes. Cas particuliers : translations, homothéties, rotations. Cas général. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Interprétation géométrique de la conjugaison. Réflexions du plan. | L'étude générale des similitudes indirectes est hors programme. |

## 2.2 Compléments de calcul algébrique

*Cette section porte sur un certain nombre de points importants pour la suite de la formation :*

- *calculs de sommes et de produits de nombres réels ou complexes, dont la formule du binôme ;*
- *résolution de systèmes linéaires en petite dimension par l'algorithme du pivot de Gauss.*

*Il est recommandé d'illustrer le cours par de nombreux exemples de calculs et d'applications.*

### Sommes et produits de nombres complexes

| | |
|---|---|
| Somme et produit d'une famille finie de nombres réels ou complexes. | Notations $\sum_{i=1}^{n} a_i$, $\sum_{i\in I} a_i$, $\prod_{i=1}^{n} a_i$, $\prod_{i\in I} a_i$ avec $I$ fini. Cas où $I$ est vide. On pourra aussi présenter les calculs avec des points de suspension. |
| Sommes et produits télescopiques. Exemples de changements d'indices et de regroupements de termes. Sommes doubles, sommes triangulaires. Produit de deux sommes finies. | Cas de $\sum_{(i,j)\in A} x_{i,j}$ et $\prod_{(i,j)\in A} x_{i,j}$ où $A$ désigne un sous-ensemble fini de $\mathbb{N}^2$ ou de $\mathbb{Z}^2$. |
| Rappel de la notion de suite de nombres réels ou complexes. | Exemples simples. |
| Suites arithmétiques, suites géométriques. | Calcul du $n$-ième terme. |
| Calculs de sommes portant sur les termes consécutifs de suites arithmétiques ou géométriques. En particulier, somme des $n$ premiers termes d'une suite arithmétique ou géométrique. | Pour $n \in \mathbb{N}^*$ et $q \in \mathbb{R}$, expressions simplifiées des sommes usuelles : $\sum_{k=1}^{n} k$, $\sum_{k=1}^{n} k^2$, $\sum_{k=1}^{n} k^3$ et $\sum_{k=0}^{n} q^k$. |
| Factorisation de $a^n - b^n$ par $a - b$, avec $a, b \in \mathbb{C}$. | Si $n \geqslant 2$, $a^n - b^n = (a-b)\sum_{k=0}^{n-1} a^k b^{n-k-1}$. |
| Factorielle. Coefficients binomiaux. | Notations $n!$, $\binom{n}{p}$. Convention $\binom{n}{p} = 0$ pour $p < 0$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| | et $p > n$. |
| Expression des coefficients binomiaux avec la fonction factorielle. Relation $\binom{n}{p} = \binom{n}{n-p}$. Relation (ou formule du triangle) de PASCAL : $$\binom{n+1}{p} = \binom{n}{p} + \binom{n}{p-1}.$$ | Ces relations pourront faire l'objet de manipulations sur la notation factorielle. |
| La relation de PASCAL fournit un algorithme pour le calcul numérique des coefficients binomiaux, à programmer en Python. | |
| Formule du binôme de NEWTON dans $\mathbb{C}$ : si $n \in \mathbb{N}^*$ et $a, b \in \mathbb{C}$, alors $$(a+b)^n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} a^k b^{n-k}$$ | Cette formule sera démontrée par récurrence. |

### Systèmes linéaires en petite dimension

| | |
|---|---|
| Système linéaire à coefficients réels ou complexes de deux ou trois équations à deux ou trois inconnues. Solution d'un tel système. | Interprétation géométrique : intersection de droites dans $\mathbb{R}^2$, de plans dans $\mathbb{R}^3$. |
| Résolution par l'algorithme du pivot de GAUSS et mise en évidence des opérations élémentaires sur les lignes. | Notations $L_i \leftrightarrow L_j$ , $L_i \leftarrow \alpha L_i$ avec $\alpha \neq 0$, $L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j$ avec $\lambda \in \mathbb{K}$ et $i \neq j$ . |

## 2.3 Nombres réels

*Les nombres réels sont supposés connus. On rappelle leurs propriétés fondamentales sans pour autant adopter un point de vue axiomatique, en mettant l'accent sur le principe de la borne supérieure / inférieure. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves aient une bonne maîtrise des automatismes et du vocabulaire de base relatifs aux inégalités et soient entraînés à l'usage de la caractérisation de la borne supérieure / inférieure.*

*On peut utiliser les quantificateurs pour formuler certaines propriétés des réels (notamment celles relatives à l'ordre) et obtenir leurs négations.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Nombre rationnels, réels, irrationnels. $\mathbb{R}$ est un corps commutatif totalement ordonnée. | La construction de $\mathbb{R}$ est hors programme. Exemples de majoration et de minoration de sommes, de produits et de quotients. Utilisation de factorisations et de tableaux de signes. Résolution d'inéquations. |
| Valeur absolue d'un réel. Inégalités triangulaires. | Interprétation sur la droite réelle d'inégalités du type $\lvert x-a\rvert \leqslant \varepsilon$ ou $\lvert x-a\rvert < \varepsilon$, avec $\varepsilon > 0$ . |
| Propriété d'ARCHIMÈDE. Partie entière. Approximations décimales d'un réel. | Notation $\lfloor x \rfloor$. Valeurs décimales approchées à la précision $10^{-n}$ par défaut et par excès. |
| Majorant, minorant d'une partie non vide. Plus grand, plus petit élément d'une partie non vide (sous réserve d'existence). | |
| Une partie $X$ de $\mathbb{R}$ est un intervalle si, et seulement si, pour tous $a, b \in X$ tels que $a \leqslant b$, $[a, b] \subset X$. | $[a, b]$ peut être introduit comme étant l'ensemble $\{x \in \mathbb{R},\ a \leqslant x \leqslant b\}$. |
| Segment. | Intervalle admettant un plus petit et un plus grand élément. |
| Borne supérieure (resp. inférieure) d'une partie $X$ non vide majorée (resp. minorée) de $\mathbb{R}$. | Caractérisation. Notations $\sup X$ (resp. $\inf X$). |
| Axiome de la borne supérieure. | |
| Partie dense de $\mathbb{R}$. Densité de $\mathbb{Q}$ et $\mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$ dans $\mathbb{R}$. | Une partie de $\mathbb{R}$ est dense dans $\mathbb{R}$ si elle rencontre tout intervalle ouvert non vide. |
| Droite achevée $\overline{\mathbb{R}}$. | |

## 3 Suites numériques

*Cette section conjointement avec la précédente posent les fondements du programme d'analyse en MPSI. Elle est consacrée aux suites numériques et combine l'étude des aspects qualitatifs (monotonie, convergence, divergence) et celle des aspects quantitatifs (majoration, encadrement, vitesse de convergence ou de divergence).*

*On soulignera l'intérêt des suites, tant du point de vue pratique (modélisation de phénomènes discrets) que théorique (approximation de nombres réels).*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Mode de définition d'une suite : explicite, implicite, par récurrence. | L'étude des suites récurrentes générales sera abordée après celle de la dérivation. Cette étude sera l'occasion d'introduire la notion de vitesse de convergence. |
| Suite majorée, minorée, bornée. Suite stationnaire, monotone, strictement monotone. | Une suite $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est bornée si, et seulement si, la suite $(\lvert u_n\rvert)_{n\in\mathbb{N}}$ est majorée. |
| Limite finie ou infinie d'une suite | Notation $u_n \longrightarrow l$ |
| Unicité de la limite. | Écriture $\lim u_n = l$. |
| Suite convergente, divergente | Toute suite convergente est bornée. |
| Opérations sur les limites : combinaison linéaire, produit, quotient. | Produit d'une suite bornée et d'une suite de limite nulle. Exemples de formes indéterminées. |
| Stabilité des inégalités larges par passage à la limite. | |
| Si $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge vers $l > 0$, alors $u_n > 0$ à partir d'un certain rang. | Mieux : $u_n \in ]\ell/2, 3\ell/2[$ pour $n$ assez grand. |
| Théorème de convergence par encadrement. Théorèmes de divergence par minoration ou majoration. | Utilisation d'une majoration de la forme $\lvert u_n - \ell\rvert \leqslant v_n$, où $(v_n)_n$ converge vers 0. |
| Théorème de la limite monotone : toute suite monotone possède une limite. | Toute suite croissante majorée converge, toute suite croissante non majorée tend vers $+\infty$. Résultats analogues pour une suite décroissante. |
| Théorème des suites adjacentes. Suite extraite. | |
| Si une suite possède une limite, toutes ses suites extraites possèdent la même limite. | Utilisation pour montrer la divergence d'une suite. Si $(u_{2n})$ et $(u_{2n+1})$ tendent vers $l$, alors $(u_n)$ tend vers $l$. |
| Théorème de BOLZANO-WEIERSTRASS. | Les élèves doivent connaître le principe de la démonstration par dichotomie. |
| Caractérisation séquentielle de la densité d'une partie de $\mathbb{R}$. | Applications : densité de $\mathbb{Q}$ et de l'ensemble des nombres décimaux. |
| Si $X$ est une partie non vide majorée (resp. non majorée) de $\mathbb{R}$, il existe une suite d'éléments de $X$ de limite sup $X$ (resp. $+\infty$). | Résultats analogues pour $X$ non vide minorée (resp. non minorée). |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Cas des suites complexes : brève extension des définitions et résultats précédents, théorème de BOLZANO-WEIERSTRASS. | Caractérisation de la limite en termes de parties réelle et imaginaire. |
| Suites arithmétiques, suites géométriques. | Calcul du $n$-ième terme. Exemples de calculs de sommes portant sur les termes de suites arithmétiques ou géométriques. |
| Suites arithmético-géométriques. | Pour les suites $(u_n)_n$ vérifiant une relation de récurrence du type $u_{n+1} = au_n + b$, où $a \in \mathbb{C} \setminus \{1\}$ et $b \in \mathbb{C}$, recherche d'une solution constante puis détermination des solutions en se ramenant au cas d'une suite géométrique. |
| Suites récurrentes linéaires homogènes d'ordre 2 à coefficients constants. Équation caractéristique. Cas complexe, cas réel. | Pour les suites $(u_n)_n$ vérifiant une relation de récurrence linéaire homogène d'ordre 2 du type $u_{n+2} = \alpha u_{n+1} + \beta u_n$, où $(\alpha, \beta) \in \mathbb{C}^2$, recherche d'une solution de la forme $(\lambda^n)_n$ puis détermination des solutions en considérant la suite $(u_{n+1} - \lambda u_n)_n$ pour se ramener au cas d'une suite géométrique. Si $\alpha$ et $\beta$ sont réels, description des solutions réelles. |

# 4 Fonctions de la variable réelle

## 4.1 Vocabulaire général

*Cette section est consacrée à l'étude des notions de limite et de continuité d'une fonction à valeurs réelles ou complexes. Les propriétés à caractère local sont énoncées et étudiées finement à l'aide des $\varepsilon$ et des $\eta$.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves aient une bonne maîtrise des propriétés locales et globales des fonctions continues.*

*Dans de nombreuses questions de nature qualitative, on visualise une fonction par son graphe. On tâchera ici de souligner cet aspect géométrique en ayant recours à de nombreuses figures.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Ensemble de définition.<br>Représentation graphique d'une fonction $f$ à valeurs réelles.<br>Graphes des fonctions $x \longmapsto f(x)+a$, $x \longmapsto f(x+a)$, $x \longmapsto f(a-x)$, $x \longmapsto f(ax)$, $x \longmapsto af(x)$. | |
| Parité ; imparité ; périodicité. Réduction du domaine d'étude. | Interprétation géométrique de ces propriétés. |
| Somme $f+g$, produit $fg$, composée $g\circ f$, $\max(f,g)$, $\min(f,g)$.<br>Monotonie (large et stricte). | |
| Fonctions majorées, minorées, bornées. | Traduction géométrique de ces propriétés. |
| Une fonction $f$ est bornée si, et seulement si, $\lvert f\rvert$ est majorée. | |

## 4.2 Limites et continuité

*Les notions de limites ont déjà été abordées pour les suites, le professeur a la liberté d'admettre certains résultats sans démonstrations.*

*Pour la pratique du calcul de limites, on se borne à ce stade à des calculs très simples, en attendant de pouvoir disposer d'outils efficaces (développements limités).*

*Les fonctions sont définies sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ non vide et non réduit à un point, et sont à valeurs réelles sauf mention explicite du contraire. Le point $a$ considéré par la suite est toujours élément de $I$ ou extrémité de $I$.*

*On dit qu'une propriété portant sur une fonction $f$ définie sur $I$ est vraie au voisinage de $a$ si elle est vraie sur l'intersection de $I$ avec un intervalle ouvert centré en $a$ lorsque $a$ est réel, avec un intervalle $[A,+\infty[$, si $a=+\infty$, avec un intervalle $]-\infty,A]$ si $a=-\infty$.*

| | |
|---|---|
| Limite finie ou infinie d'une fonction en $a$. | Notations $f(x) \underset{x\to a}{\longrightarrow} l$ |
| Unicité de la limite. | Écritures $\lim\limits_{a} f = l$, $\lim\limits_{x\to a} f(x) = l$. |
| Si $f$ est définie en $a$ et possède une limite $l$ en $a$, alors $l = f(a)$. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Si $f$ possède une limite finie en $a$, $f$ est bornée au voisinage de $a$. | |
| Limite à droite, limite à gauche. | Notations $\lim\limits_{\substack{x\to a\\x>a}} f(x)$ ou $\lim\limits_{x\to a^+} f(x)$. |
| Extension de la notion de limite en $a$ lorsque $f$ est définie sur $I \setminus \{a\}$ | Notations $\lim\limits_{\substack{x\to a\\x\neq a}} f(x)$. |
| Caractérisation séquentielle de la limite (finie ou infinie). | |
| Opérations algébrique sur les limites : combinaison linéaire, produit, quotient. | Exemples de formes indéterminées. |
| Composition de limites. Conservation des inégalités larges par passage à la limite. | |
| Théorèmes d'encadrement (limite finie), de minoration (limite $+\infty$), de majoration (limite $-\infty$). Théorème de la limite monotone. | Existence d'une limite par encadrement (limite finie), par minoration (limite $+\infty$),par majoration (limite $-\infty$). |
| Continuité, prolongement par continuité en un point. Continuité à gauche, à droite. Caractérisation séquentielle de la continuité en un point. Opérations algébriques sur les fonctions continues en un point : combinaison linéaire, produit, quotient. Composition de fonctions continues. Continuité sur un intervalle. | |
| Théorème des valeurs intermédiaires. L'image d'un intervalle par une fonction continue est un intervalle. Cas d'une fonction continue et strictement monotone sur un intervalle. | Si $f : [a, b] \to \mathbb{R}$ est une fonction continue et si $y$ est un réel compris entre $f(a)$ et $f(b)$, il existe $x$ dans $[a, b]$ tel que $f(x) = y$. Il en résulte que l'image d'un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ par une fonction continue réelle définie sur $I$ est un intervalle. Principe de démonstration par dichotomie. |
| Calcul approché d'un zéro d'une fonction continue par l'algorithme de dichotomie. | |
| Théorème des bornes atteintes. L'image d'un segment par une fonction continue est un segment | Toute fonction continue sur un segment est bornée et atteint ses bornes. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Continuité et monotonie stricte. | La fonction $f$ étant supposée à valeurs réelles et continue sur $I$, elle est injective si, et seulement si, elle est strictement monotone. |
| La réciproque d'une fonction continue et strictement monotone sur $I$ est continue. | Toute fonction $f$ réelle, continue et strictement monotone sur un intervalle $I$, admet une fonction réciproque de même monotonie, définie et continue sur l'intervalle $f(I)$. |
| Extension des définitions et résultats précédents au cas de fonctions à valeurs complexes. | Caractérisation de la limite et de la continuité à l'aide des parties réelle et imaginaire. |

## 4.3 Dérivation

*Cette section est consacrée à l'étude de la dérivation. On y aborde aussi les suites récurrentes. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :*

- *aient une bonne maîtrise des propriétés locales et globales des fonctions dérivables et soient capables de démontrer celles qui seront étudiées à ce stade ;*
- *puissent mener l'étude d'une fonction ( continuité et dérivabilité, prolongement, symétries, périodicité, domaine d'étude, sens de variations, recherche d'extremums et obtention d'inégalités, tracé du graphe et détermination des asymptotes, tracé du graphe de la réciproque, …);*
- *aient une connaissance à la fois théorique et pratique des principales inégalités (inégalité des accroissements finis , inégalités de convexité, inégalité de CAUCHY-SCHWARZ, etc.).*

*On attachera une importance à l'aspect géométrique des propriétés étudiées en ayant recours à de nombreuses figures pour les illustrer et les visualiser.*

*Les fonctions sont définies sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ non vide et non réduit à un point, et sont à valeurs réelles sauf mention explicite du contraire. Le point $a$ considéré par la suite est toujours élément de $I$.*

| | |
|---|---|
| Dérivabilité en un point, nombre dérivé. La dérivabilité entraîne la continuité. Dérivabilité à gauche, à droite.<br>un développement limité à l'ordre 1 en $a$. Dans ce cas, $f(a+h) = f(a)+f'(a)h+h\varepsilon(h)$, où $\varepsilon(h) \underset{h\to 0}{\to} 0$. | Définition par le taux d'accroissement. Caractérisation : une fonction $f$ est dérivable en $a$ si, et seulement si, elle admet |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Interprétation géométrique : tangente au graphe en un point. Interprétation cinématique : vitesse instantanée. | |
| Dérivabilité et dérivée sur un intervalle. | |
| Opérations sur les fonctions dérivables et les dérivées : combinaison linéaire, produit, quotient. | |
| Dérivée d'une fonction composée, dérivée de la fonction réciproque. | Tangente au graphe d'une fonction réciproque. |
| Extremum local, extremum global. | |
| Si $f$ est dérivable et présente un extremum local en un point $a$ intérieur à $I$ alors $a$ est un point critique de $f$ | Un point critique est un zéro de la dérivée. |
| Théorème de ROLLE, égalité des accroissements finis. | Interprétations géométrique et cinématique. Application à l'existence de zéros d'une fonction. |
| Inégalité des accroissements finis : si $f$ est dérivable et si $\lvert f' \rvert$ est majorée par $k$ , alors $f$ est $k$-lipschitzienne. | La notion de fonction lipschitzienne est introduite à cette occasion. Application à l'étude de suites définies par une relation de récurrence $u_{n+1} = f(u_n)$ dans la sous section suivante. |
| Caractérisation des fonctions dérivables constantes, monotones, strictement monotones sur un intervalle. | |
| Théorème de la limite de la dérivée : si $f$ est continue sur $I$, dérivable sur $I \setminus \{a\}$ et s'il existe $l$ dans $\overline{\mathbb{R}}$ tel que $\lim\limits_{\substack{x\to a\\ x\neq a}} f'(x) = l$, alors $\lim\limits_{\substack{x\to a\\ x\neq a}} \frac{f(x)-f(a)}{x-a} = l$. | Si $l \in \mathbb{R}$, alors $f$ est dérivable en $a$ et $f'$ est continue en $a$. |
| Dérivées d'ordre supérieur d'une fonction. Pour $k \in \mathbb{N} \cup \{+\infty\}$, fonction de classe $C^k$. Opérations sur les fonctions de classe $C^k$ : combinaison linéaire, produit (formule de LEIBNIZ), quotient. Composée de fonctions de classe $C^k$. | |
| Réciproque d'une fonction de classe $C^k$. Théorème | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| de classe $C^k$ par prolongement : si $f$ est de classe $C^k$ sur $I \setminus \{a\}$ et si $f^{(i)}(x)$ possède une limite finie lorsque $x$ tend vers $a$ pour tout $i \in \{0, 1, \ldots, k\}$, alors $f$ admet un prolongement de classe $C^k$ sur $I$. | |
| Extension des définitions et résultats précédents aux fonctions complexes. | Caractérisation de la dérivabilité et de la classe $C^k$ en termes de parties réelle et imaginaire. |
| Inégalité des accroissements finis pour une fonction complexe de classe $C^1$. | On mentionne que l'inégalité résulte d'une simple majoration d'intégrale à faire le moment venu. |

## 4.4 Suites récurrentes

*L'étude des suites récurrentes est l'occasion d'introduire la notion de vitesse de convergence. Sur des exemples, on mettra en évidence divers comportements (convergence lente, géométrique, quadratique) en explicitant le nombre d"itérations nécessaires pour obtenir une précision donnée. On présentera la méthode de Newton. De même, l'étude de la dérivabilité donne un prétexte pour présenter la notion de discrétisation, à travers la méthode d'Euler.*

*Lors de l'étude d'une suite de nombres réels définie par une relation de récurrence du type $u_{n+1} = f(u_n)$, il est utile de mettre en valeur le rôle des variations de $f$ pour en déduire celles de la suite $(u_n)$. En outre, pour étudier la vitesse de convergence vers $a$ de $u_n$, on peut exploiter le comportement local de $f$ au voisinage de $a$ et, notamment, une inégalité du type( lipschitzien) $|f(x) - f(a)| \leqslant k|x - a|$ où $0 \leqslant k < 1$, ou du type (quadratique) $|f(x) - f(a)| \leqslant \lambda|x - a|^2$, $\lambda > 0$.*

| | |
|---|---|
| Intervalle stable par une fonction, point fixe d'une fonction. | Pour l'étude de la monotonie de $(u_n)$, on soulignera l'intérêt, d'une part, de l'étude du signe de $x \longmapsto f(x) - x$, et, d'autre part, de l'utilisation de la croissance éventuelle de $f$. |
| Suite définie par $u_{n+1} = f(u_n)$. Si $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge vers $a$ et si $f$ est continue en $a$ alors $a$ est un point fixe de $f$. Exemples d'étude dans le cas où $f$ est monotone ou lipschitzienne. | |
| Méthode de Newton. | Applications dans des cas simples. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## 4.5 Fonctions usuelles, fonctions convexes

*Cette section est consacrée à l'étude des fonctions usuelles et des fonctions convexes.*

### Généralités sur l'étude d'une fonction

| | |
|---|---|
| Détermination des symétries et des périodicités afin de réduire le domaine d'étude.<br>Tableau de variations.<br><br>Asymptotes.<br>Tracé du graphe.<br>Graphe d'une réciproque. | Application à la recherche d'extremums et à l'obtention d'inégalités. |

### Fonctions usuelles

*Les fonctions puissances, l'exponentielle réelle et les fonctions sinus et cosinus sont décrites en détail mais leur existence est admise. Leurs propriétés peuvent être démontrées en partie. On en déduit l'étude des autres fonctions usuelles.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette sous section, les élèves aient une bonne connaissance des fonctions usuelles et soient en particulier capables de se représenter leur graphe, de définir les fonctions trigonométriques réciproques (circulaires et hyperboliques), de manipuler les formules d'addition, etc.*

*Notations internationales standard :* exp, ln, cos, sin, tan, cot, cosh, sinh, tanh, coth, arccos, arcsin, arctan, arccosh, arcsinh, arctanh.

| | |
|---|---|
| Fonctions exponentielle, logarithme népérien, puissances.<br><br>Relations fonctionnelles. | Dérivées, variations et graphes.<br>Les fonctions puissances sont définies sur l'intervalle $]0,+\infty[$ et prolongées en 0 le cas échéant. Seules les fonctions puissances entières sont en outre définies sur l'intervalle $]-\infty,0[$.<br>Logarithme décimal, logarithme en base 2.<br>$(xy)^\alpha = x^\alpha y^\alpha$, $x^{\alpha+\beta} = x^\alpha x^\beta$, $(x^\alpha)^\beta = x^{\alpha\beta}$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Croissances comparées des fonctions logarithme, puissances et exponentielle. | |
| Fonctions trigonométriques circulaires et hyperboliques | sin, cos, tan, sinh, cosh, tanh. |
| Fonctions réciproques | arcsin, arccos, arctan, arcsinh, arccosh, arctanh. |
| Fonction $\theta \mapsto e^{i\theta}$. | |

## Fonctions convexes

*L'objectif de cette sous section est d'introduire brièvement la notion de partie convexe du plan $\mathbb{R}^2$ en vue d'étudier les fonctions convexes d'une variable réelle. La notion de barycentre est introduite exclusivement pour aborder la convexité.*

*Le cours gagne à être illustré par de nombreuses figures. On soulignera l'intérêt des fonctions convexes pour obtenir des inégalités.*

| | |
|---|---|
| Dans le plan $\mathbb{R}^2$, notions de barycentre et de partie convexe. Caractérisation d'une de partie convexe à l'aide de barycentres à coefficients positifs. | L'exposé sera réduit au strict minimum possible. |
| Fonctions à valeurs réelles convexes. Inégalité de convexité. Fonctions concaves. Interprétation géométrique. | Une fonction $f$ est convexe sur l'intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ si pour tout $(x, y)$ de $I^2$ et tout $\lambda$ de $[0, 1]$ : $f((1-\lambda)x + \lambda y) \leqslant (1-\lambda)f(x) + \lambda f(y)$. |
| Inégalité de JENSEN | Si $f$ est convexe sur $I$, $x_1, x_2, \ldots, x_n$ des points de $I$ et $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ des éléments de $\mathbb{R}^+$ de somme 1 alors $f\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i x_i\right) \leqslant \sum_{i=1}^{n} \lambda_i f(x_i)$. |
| Caractérisations : convexité de l'épigraphe, position relative du graphe et d'une de ses cordes, inégalité des pentes. | |
| Caractérisation des fonctions convexes dérivables sur $I$, des fonctions convexes deux fois dérivables sur $I$. | Position relative du graphe d'une fonction convexe dérivable et de ses tangentes. |
| Applications : inégalités de CAUCHY-SCHWARZ, de YOUNG, inégalité arithmético-géométrique. | Les demonstrations de ces applications pourront être faites à titre d'exercices. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## 4.6 Primitives et équations différentielles linéaires

*Cette section est consacrée au calcul des primitives et à l'étude des* équations différentiels linéaires (EDLS). *Le point de vue adopté est principalement pratique : il s'agit, en prenant appui sur les acquis du lycée, de mettre en oeuvre des techniques de l'analyse. Les définitions précises et les constructions rigoureuses des notions de calcul intégral utilisées sont différées à une section ultérieure qui sera traitée lors de la deuxième période.*

*Pour illustrer le cours sur les équations différentielles, on traitera des exemples notamment issus des autres disciplines scientifiques et on étudiera sur quelques exemples le problème de raccordements de solutions.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :*

- *soient capables de mener des calculs de primitives dans des cas usuels et sachent reconnaître les dérivées de fonctions composées ;*
- *puissent mettre en pratique, sur des exemples simples, les techniques d'intégration par parties et de changement de variable ;*
- *sachent appliquer les deux points précédents lors de l'étude des équations différentielles linéaires du premier ordre et celles du second ordre à coefficients constants.*

*Les fonctions considérées sont à valeurs réelles ou complexes.*

## 4.7 Calcul de primitives

| | |
|---|---|
| Primitives d'une fonction définie sur un intervalle. Exemples. | Description de l'ensemble des primitives d'une fonction sur un intervalle connaissant l'une d'entre elles. |
| Primitives des fonctions puissances, trigonométriques et hyperboliques, exponentielle, logarithme. | Les élèves doivent savoir utiliser les primitives de $x \longmapsto e^{\lambda x}$ pour calculer celles de $x \longmapsto e^{ax}\cos(bx)$ et $x \longmapsto e^{ax}\sin(bx)$. Ils doivent aussi savoir calculer les primitives d'une fonction du type $x \longmapsto \frac{1}{ax^2+bx+c}$. |
| Application du calcul des primitives à celui d'intégrales. | Pour une fonction $f$ continue sur $I$, l'intégrale de |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| | $a$ à $b$, $\int_a^b f(x)\,\mathrm{d}x$, est donnée par $F(b)-F(a)$ où $F$ est une primitive quelconque de $f$ sur $I$. |
| Toute fonction continue sur un intervalle admet des primitives. Dérivée de $x \longmapsto \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t$, où $f$ est continue. | Résultat admis. |
| Intégration par parties pour des fonctions de classe $C^1$. | Exemples de calculs d'intégrales au moyen d'une intégration par parties |
| Changement de variable : si $\varphi$ est de classe $C^1$ sur $I$ et si $f$ est continue sur $\varphi(I)$, alors pour tous $a$ et $b$ dans $I$ $$\int_{\varphi(a)}^{\varphi(b)} f(x)\,\mathrm{d}x = \int_a^b f\big(\varphi(t)\big)\varphi'(t)\,\mathrm{d}t.$$ | Exemples de calculs d'intégrales au moyen d'un changement de variables. Intérêt d'un changement de variable affine pour exploiter la périodicité et les symétries, ou pour se ramener au cas où l'intervalle d'intégration est $[0,1]$ ou $[-1,1]$. |

## 4.8 Équations différentielles linéaires

| | |
|---|---|
| Équation différentielle linéaire générale du premier ordre. | De la forme $\alpha(x)y' + \beta(x)y = \gamma(x)$, où $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$ sont des fonctions continues sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$, à valeurs dans $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$. |
| Équation homogène associée. | Il s'agit de l'équation $\alpha(x)y' + \beta(x)y = 0$. |
| Notion de solution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre. | |
| Forme générale des solutions de l'équation complète. | Somme d'une solution particulière (s'il en existe) et de la solution générale de l'équation homogène. |
| Principe de superposition des solutions. | |
| Cas des équations différentielle linéaire du premier ordre résolues en $y'$. | Elles sont du type $$y' + a(x)y = b(x), \qquad (1)$$ |
| Résolution de l'équation homogène associée à (1) dans le cas particulier où la fonction $a$ est constante. | où $a$ et $b$ sont des fonctions continues sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$, à valeurs dans $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

Résolution de l'équation homogène associée à (1) dans le cas général.

Méthode de variation de la constante pour la résolution de l'équation (1).

Problème de CAUCHY associé à (1) et au couple $(x_0, y_0) \in I \times \mathbb{K}$ : $\begin{cases} y' + a(x)y = b(x), \\ y(x_0) = y_0. \end{cases}$

Existence et unicité de la solution d'un problème de CAUCHY associé à (1).

Exemples d'étude dans des cas simples d'équations de type

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

la fonction $a$ pouvant s'annuler en des points de $I$.

Équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants.

Notion de solution d'une équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants.

Résolution de l'équation homogène associée à (2).

Cas réel et complexe : équation caractéristique, système fondamental de solutions de l'équation homogène.

Forme générale des solutions de l'équation complète : somme d'une solution particulière et de la solution générale de l'équation homogène.

Les solutions sont du type $x \longmapsto \lambda e^{-A(x)}$, où $A$ est une primitive de $a$ sur l'intervalle $I$ et $\lambda \in \mathbb{K}$.

Expression intégrale des solutions de l'équation complète.

Il s'agit d'étudier l'existence et l'unicité de la solution sur $I$ de (1), vérifiant la condition initiale $y(x_0) = y_0$.

Justification à l'aide de l'expression intégrale des solutions de l'équation complète.

Raccordements de solutions : on présentera en détail des exemples de recollement de solutions et de recherche de solutions maximales.

Du type

$$y'' + ay' + by = f(x), \qquad (2)$$

où $a$ et $b$ sont des scalaires et $f$ est une application continue à valeurs dans $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$, définie sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$.

Si $a$ et $b$ sont complexes, recherche d'une solution du type $x \longmapsto e^{\lambda x}$, avec $\lambda \in \mathbb{C}$, puis détermination des solutions en se ramenant, à l'aide d'un changement de fonction, à une équation différentielle linéaire du premier ordre. Si $a$ et $b$ sont réels, description des solutions réelles.

Les élèves doivent savoir déterminer une solution particulière dans le cas d'un second membre de la forme $x \longmapsto \alpha\, e^{\lambda x}$, avec $(\alpha, \lambda) \in \mathbb{C}^2$, ou de la forme $x \longmapsto \beta \cos(\omega x)$ ou $x \longmapsto \beta \sin(\omega x)$, avec $\beta, \omega$ des réels, et plus généralement dans le cas où le second membre est une fonction polynôme-exponentielle

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Principe de superposition des solutions. | $x \longmapsto P(x)e^{\lambda x}$, $(P,\lambda) \in \mathbb{K}[X] \times \mathbb{K}$. |
| Méthode de la variation des constantes (méthode de LAGRANGE).<br>Expression intégrale des solutions de l'équation complète. | Connaissant un système fondamental de solutions de l'équation homogène, la méthode de la variation des constantes ramène la résolution de l'équation complète à celle d'un système linéaire d'ordre 2 suivie d'une quadrature. |
| Problème de CAUCHY associé à (2) et au triplet $(x_0, y_0, y_0') \in I \times \mathbb{K}^2$ : $\begin{cases} y'' + ay' + by = f(x), \\ y(x_0) = y_0,\ y'(x_0) = y_0'. \end{cases}$ | Il s'agit d'étudier l'existence et l'unicité de la solution sur $I$ de (2), vérifiant les conditions initiales $y(x_0) = y_0$ et $y'(x_0) = y_0'$. |
| Existence et unicité de la solution d'un problème de CAUCHY. | Justification à l'aide de l'expression intégrale des solutions de l'équation complète. |

# 5 Introduction à l'algèbre

## 5.1 Arithmétique des entiers

*L'objectif de cette section est d'étudier les propriétés de la divisibilité des entiers et celles des congruences. Il développe l'arithmétique des entiers. L'algorithme d'EUCLIDE (division euclidienne) y joue un rôle central : il fournis des démonstrations alternatives constructives. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves sachent l'appliquer à la détermination d'un* plus grand diviseur commun (PGCD) *ou d'une relation de BÉZOUT.*

*L'approche préconisée reste tout de même élémentaire dans le sens où elle ne fait pas appel au langage des structures algébriques.*

| | |
|---|---|
| Multiples et diviseurs d'un entier relatif, divisibilité dans $\mathbb{Z}$. Entiers inversibles, relation d'association. | On note $D(a)$ l'ensemble des diviseurs de $a$. Caractérisation des couples d'entiers associés. |
| Théorème de la division euclidienne.<br>PGCD de deux entiers non tous deux nuls $a$ et $b$.<br>Pour $k \in \mathbb{Z}^*$, $ka \wedge kb = \lvert k \rvert (a \wedge b)$. | Noté $a \wedge b$, c'est le plus grand élément de $D(a) \cap D(b)$ pour l'ordre naturel de $\mathbb{Z}$. $D(a) \cap D(b) = D(a \wedge b)$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Algorithme d'EUCLIDE. | |
| Relation de BÉZOUT. | L'algorithme d'EUCLIDE fournit une relation de BÉZOUT. |
| *plus petit multiple commun (PPCM).* | Notation $a \vee b$. Lien avec le PGCD . |
| Couple d'entiers premiers entre eux. | Forme irréductible d'un rationnel. |
| Théorème de BÉZOUT. Lemmes d'EUCLIDE et de GAUSS. | EUCLIDE : si $a$ et $b$ divisent $c$ et sont premiers entre eux, alors $ab$ divise $c$. |
| Si $a$ et $b$ sont premiers à $c$, alors $ab$ aussi. | GAUSS : si $a$ divise $bc$ et si $a$ est premier avec $b$, alors $a$ divise $c$. |
| PGCD d'un nombre fini d'entiers, relation de BÉZOUT. Entiers premiers entre eux dans leur ensemble, premiers entre eux deux à deux. | |
| Nombre premier. Théorème d'EUCLIDE. | Théorème d'EUCLIDE : l'ensemble des nombres premiers est infini. |
| Théorème fondamental de l'arithmétique. | Existence et unicité de la décomposition d'un entier naturel non nul en produit de nombres premiers. |
| Valuation $p$-adique, $p$ premier. Valuation $p$-adique d'un produit. | Notation $v_p(n)$. Caractérisation de la divisibilité en termes de valuations $p$-adiques. Expressions du PGCD et du PPCM à l'aide des valuations $p$-adiques. |
| Relation de congruence modulo un entier sur $\mathbb{Z}$. | Notation $a \equiv b \quad [n]$. |
| Opérations sur les congruences : somme, produit. | |
| Inverses modulo $n$. Utilisation d'un inverse modulo $n$ pour résoudre une congruence modulo $n$. | L'étude des anneaux $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ est hors programme. |
| Petit théorème de FERMAT. | |

## 5.2 Vocabulaire relatif aux structures algébriques usuelles

*On présente ici les structures algébriques utiles à l'étude du programme. Ce chapitre, strictement limité au vocabulaire décrit ci-dessous, a pour objectif de permettre une présentation unifiée des exemples usuels. En particulier, l'étude de lois artificielles est exclue.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Loi de composition interne. | L'étude de lois artificielles est exclue. |
| Associativité, commutativité, élément neutre, inversibilité, distributivité. | Inversibilité et inverse du produit de deux éléments inversibles. |
| Partie stable. | |
| Groupe. | Notation $x^n$ dans un groupe multiplicatif, $nx$ dans un groupe additif. |
| Exemples usuels. | Groupes additifs $\mathbb{Z}, \mathbb{Q}, \mathbb{R}, \mathbb{C}$, groupes multiplicatifs $\mathbb{Q}_+^*, \mathbb{Q}^*, \mathbb{R}_+^*, \mathbb{R}^*, \mathbb{C}^*, \mathbb{U}, \mathbb{U}_n$. |
| Groupe des permutations d'un ensemble $E$. | Notation $S_E$. |
| Groupe produit. | |
| Sous-groupe : définition, caractérisation. | |
| Morphisme de groupes. Image et image réciproque d'un sous-groupe par un morphisme. | |
| Image et noyau d'un morphisme. Condition d'injectivité. | Notations $\operatorname{Im} f$ , $\operatorname{Ker} f$. |
| Isomorphisme de groupes. | |

## 5.3 Structures d'anneau et de corps

| | |
|---|---|
| Anneau, anneau intègre, corps. | Par convention un anneau est unitaire, un corps est commutatif. |
| Exemples usuels : $\mathbb{Z}, \mathbb{Q}, \mathbb{R}, \mathbb{C}$. | |
| Calcul dans un anneau. | Relation $a^n - b^n$ et formule du binôme si $a$ et $b$ commutent. |
| Groupe des inversibles d'un anneau. | |
| Sous-anneau. | |
| Morphisme d'anneaux. Isomorphisme. | |

## 5.4 Calcul matriciel et systèmes d'équations linéaires

*Le but de cette section est présenter une initiation au calcul matriciel. On obtient ainsi des exemples fondamentaux d'anneaux. On étudie aussi, dans un cadre plus général, les systèmes d'équations*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

*linéaires à coefficients réels ou complexes. Les solutions de tels systèmes sont obtenues en utilisant les opérations élémentaires sur les lignes (méthode de GAUSS). Dans ce cadre, l'aspect matriciel des opérations élémentaires sera abordé et mis en oeuvre. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :*

- *maîtrisent le calcul matriciel ;*
- *soient capables, au moyen de l'algorithme du pivot de GAUSS, de résoudre un système linéaire et d'inverser une matrice carrée.*

*Dans toute la section, $\mathbb{K}$ désigne le corps $\mathbb{R}$ des nombres réels ou $\mathbb{C}$, celui des complexes.*

## 5.5 Calcul matriciel

| | |
|---|---|
| Ensemble $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ des matrices à $n$ lignes et $p$ colonnes, à coefficients dans $\mathbb{K}$. Addition, multiplication par un scalaire, combinaisons linéaires. | |
| Matrices élémentaires. | Toute matrice de $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ est combinaison linéaire de matrices élémentaires. |
| Produit matriciel ; bilinéarité ; associativité. | Si $X$ est une matrice colonne, la matrice produit $AX$ est une combinaison linéaire des colonnes de la matrice $A$. |
| Produit d'une matrice élémentaire de $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ par une matrice élémentaire de $\mathcal{M}_{p,q}(\mathbb{K})$. | Symbole de Kronecker $\delta_{i,j}$. |
| Transposée d'une matrice. Opérations sur les transposées : combinaison linéaire, produit. | Notations ${}^tA$, $A^T$. |
| Opérations élémentaires sur les lignes et sur les colonnes d'une matrice. Interprétation en termes de produit matriciel. | Interprétation des matrices élémentaires en termes d'opérations élémentaires sur les lignes et sur les colonnes. |
| Anneau $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$. Matrice identité, matrice scalaire. Produit de deux matrices élémentaires de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$. | Notation $I_n$. Non commutativité de l'anneau $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ si $n \geqslant 2$. Exemples de diviseurs de zéro et de matrices nilpotentes. |
| Matrice diagonale, matrice triangulaire supérieure/inférieure de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$. | Produit de matrices diagonales, de matrices triangulaires supérieures/inférieures. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Matrice symétrique, antisymétrique de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$. | Notations $\mathcal{S}_n(K)$, $\mathcal{A}_n(K)$. |
| Formule du binôme de NEWTON dans $\mathcal{M}_n(K)$ pour deux matrices qui commutent. | Application au calcul de puissances. |
| Dans $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ : matrice inversible ; inverse ; groupe linéaire. Transposition et inversion de matrices. Inverse d'un produit de matrices inversibles. | Notation $\mathrm{GL}_n(\mathbb{K})$. |
| Condition d'inversibilité et inverse d'une matrice diagonale, triangulaire. | L'inverse d'une matrice diagonale (resp. triangulaire supérieure/inférieure) est une matrice diagonale (resp. triangulaire supérieure/inférieure). |
| Les opérations élémentaires préservent l'inversibilité. Calcul de l'inverse d'une matrice, par opérations élémentaires. | |

## 5.6 Systèmes d'équations linéaires

| | |
|---|---|
| Système linéaire de $n$ équations à $p$ inconnues, à coefficients $a_{i,j}$, $1 \leqslant i \leqslant n$, $1 \leqslant j \leqslant p$ et second membre $b_1, \dots, b_n$. Les $a_{i,j}$ et $b_i$ sont éléments de $\mathbb{K}$. On peut présenter le système sous forme de couple : matrice $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ des $a_{i,j}$, colonne $B \in \mathcal{M}_{n,1}(\mathbb{K})$ des $b_i$. | On introduit aussi $T$, appelé matrice augmentée, de terme général $t_{i,j} = \begin{cases} a_{i,j} & \text{si } j \in [\![1,p]\!] \\ b_i & \text{si } j = p+1 \end{cases}$. Ces présentations simplifiées sont intéressantes pour le traitement informatique d'un système linéaire. |
| Système linéaire homogène : les $b_i$ sont tous nuls. | |
| Solution d'un système linéaire. Système compatible. Tout système homogène est compatible et l'ensemble de ces solutions est stable par combinaisons linéaires. | Un système est dit compatible s'il admet au moins une solution. |
| Traduction matricielle d'un système linéaire d'inconnues $x_1, \dots, x_p$, à coefficients $a_{i,j}$, $1 \leqslant i \leqslant n$, $1 \leqslant j \leqslant p$ et de second membre $b_1, \dots, b_n$. | $AX = B$, $X \in \mathcal{M}_{p,1}(\mathbb{K})$ étant la matrice colonne des $x_i$. |
| Condition de compatibilité d'un système linéaire. | Le système $AX = B$ est compatible si $B$ est combinaison linéaire des colonnes de $A$. |
| Description des solutions d'un système compatible | Les solutions d'un système compatible $AX = B$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| au moyen d'une solution particulière et des solutions du système homogène associé. | sont les $X_0+Y$, où $X_0$ est une solution particulière et où $Y$ parcourt l'ensemble des solutions du système homogène associé $AX = 0$. |
| Opérations élémentaires sur les lignes d'un système linéaire. Une opération élémentaire transforme un système linéaire en un autre système linéaire qui possède le même ensemble de solutions. | On utilise les notations : $L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j$ (transvection), $L_i \leftrightarrow L_j$ (échange), $L_i \leftarrow \alpha L_i$ (dilatation). |
| Algorithme du pivot de GAUSS : en utilisant échanges de lignes et transvections on peut transformer un système linéaire en système échelonné, donc plus facile à résoudre. | On reprend brièvement l'algorithme du pivot vu au début de l'année, en termes d'opérations élémentaires sur les lignes, dans ce contexte général mais toute technicité est exclue. |
| Exemples de résolution de systèmes linéaires : système diagonale, triangulaire, échelonné etc. | Pour des systèmes de taille $n > 3$ ou $p > 3$, on utilise l'outil informatique. On met en évidence sur un exemple l'instabilité numérique de la méthode due aux erreurs d'arrondis. |
| Calcul de l'inverse d'une matrice $A \in \mathcal{M}_n(\mathbb{K})$, par résolution de système linéaire $AX = Y$. | |
| Application aux problèmes d'intersection en géométrie du plan et de l'espace. | |

## 6 Polynômes et fractions rationnelles

*L'objectif de cette section est d'étudier les propriétés de base de ces objets formels et de les exploiter pour la résolution de problèmes portant sur les équations algébriques et les fonctions numériques. L'arithmétique de $\mathbb{K}[X]$ est développée selon le plan déjà utilisé pour l'arithmétique de $\mathbb{Z}$, ce qui autorise un exposé allégé.*

*Comme pour les entiers, l'algorithme d'EUCLIDE (division euclidienne) fournis des démonstrations alternatives constructives. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves sachent l'appliquer à la détermination d'un PGCD ou d'une relation de BÉZOUT.*

*Concernant les fonctions rationnelles, l'objectif essentiel est de présenter aux élèves un outil qui leur permette de mener à bien des calculs d'intégration, de dérivation, de somme, etc.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

*Le programme se limite au cas où le corps de base $\mathbb{K}$ est $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.*

| | |
|---|---|
| Anneau des polynômes à coefficients dans $\mathbb{K}$ et une indéterminée. | Notation $\mathbb{K}[X]$. |
| Degré, coefficient dominant, polynôme unitaire. | Le degré du polynôme nul est $-\infty$. On note $\mathbb{K}_n[X]$ l'ensemble des polynômes de degré au plus $n$. |
| Opérations sur les degrés : somme, produit. | L'anneau $\mathbb{K}[X]$ est intègre. |
| Composition des polynômes. | |
| Multiples et diviseurs d'un polynôme, divisibilité dans $\mathbb{K}[X]$. Polynômes inversibles, relation d'association. | On note $D(P)$ l'ensemble des diviseurs de $P$. |
| Théorème de la division euclidienne. | |
| PGCD de deux polynômes non tous deux nuls. | Noté $P \wedge Q$ c'est le polynôme unitaire de plus grand degré appartenant à $D(P) \cap D(Q)$. On peut, par abus de langage, appeler aussi PGCD de $P, Q$ tout polynôme associé à $P \wedge Q$. $D(P) \cap D(Q) = D(P \wedge Q)$. |
| Algorithme d'EUCLIDE. | |
| Relation de BÉZOUT. | L'algorithme d'EUCLIDE fournit une relation de BÉZOUT. |
| PPCM. | Notation $P \vee Q$. Lien avec le PGCD. |
| PGCD d'un nombre fini de polynômes, relation de BÉZOUT. Polynômes premiers entre eux dans leur ensemble, premiers entre eux deux à deux. | |
| Théorème de BÉZOUT. | |
| Lemmes d'EUCLIDE et de GAUSS. | |
| Fonction polynomiale associée à un polynôme. Racine (ou zéro) d'un polynôme, caractérisation en termes de divisibilité. | Algorithme de HORNER pour le calcul des valeurs d'une fonction polynomiale. Détermination d'un polynôme par la fonction polynomiale associée. |
| Le nombre de racines d'un polynôme non nul est majoré par son degré. | |
| Multiplicité d'une racine. | Si $P(a) \neq 0$ $a$ est racine de $P$ de multiplicité 0. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Polynôme scindé. Relations de VIÈTE entre coefficients et racines. | Les formules concernant la somme et le produit doivent être connues des élèves. Les autres doivent être retrouvées rapidement.<br>Aucune connaissance spécifique sur le calcul des fonctions symétriques des racines n'est exigible. |
| Polynômes irréductibles de $\mathbb{K}[X]$. | |
| Théorème de d'ALEMBERT-GAUSS. | La démonstration est hors programme. |
| Polynômes irréductibles de $\mathbb{C}[X]$. Théorème de décomposition en facteurs irréductibles dans $\mathbb{C}[X]$. | Caractérisation de la divisibilité dans $\mathbb{C}[X]$ à l'aide des racines et des multiplicités. |
| Deux polynômes de $\mathbb{C}[X]$ sont premiers entre eux si et seulement s'ils n'ont pas de racine commune.<br>Factorisation de $X^n - 1$ dans $\mathbb{C}[X]$. | |
| Polynômes irréductibles de $\mathbb{R}[X]$. Théorème de décomposition en facteurs irréductibles dans $\mathbb{R}[X]$. | Deux racines complexes conjuguées d'un polynôme de $\mathbb{R}[X]$ ont même multiplicité. |
| Dérivée formelle d'un polynôme. | Pour $\mathbb{K} = \mathbb{R}$, lien avec la dérivée de la fonction polynomiale associée. |
| Opérations sur les polynômes dérivés : combinaison linéaire, produit. Formule de LEIBNIZ. Formule de TAYLOR polynomiale. Caractérisation de la multiplicité d'une racine par les polynômes dérivés successifs. | |
| Théorème d'interpolation de LAGRANGE | Si $x_1, \dots, x_n$ sont des éléments distincts de $\mathbb{K}$ et $y_1, \dots, y_n$ des éléments de $\mathbb{K}$, il existe un unique $P \in \mathbb{K}_{n-1}[X]$ tel que : $P(x_i) = y_i$, $1 \leqslant i \leqslant n$. |
| Expression de P et description des polynômes $Q$ tels que, pour tout $i \in \{1, \dots, n\}$, $Q(x_i) = y_i$. | |
| Fractions rationnelles à coefficients dans $\mathbb{K}$. Corps $\mathbb{K}(X)$. | La construction de $\mathbb{K}(X)$ n'est pas exigible. |
| Forme irréductible d'une fraction rationnelle.<br>Fonction rationnelle.<br>Degré, partie entière, zéros et pôles, multiplicités. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Éléments simples sur $\mathbb{C}$ et sur $\mathbb{R}$. Théorème d'existence et d'unicité de la décomposition en éléments simples sur $\mathbb{C}$ et sur $\mathbb{R}$.<br>Application au calcul de primitives, de dérivées successives.<br>Coefficient associé à un un pôle simple dans la décomposition.<br>Décomposition en éléments simples de $P'/P$. | La démonstration est hors programme, de même que la division selon les puissances croissantes. On limitera la technicité des exercices. |

# Deuxième période

Il s'agit de compléter les résultats de la première période en développant :

- l'étude des développements limités et le calcul asymptotique, et leurs applications en analyse ;
- l'étude des notions fondamentales relatives aux espaces vectoriels et des applications linéaires, dans leur aspect géométrique ;
- l'utilisation du calcul matriciel en algèbre linéaire ;
- les notions fondamentales relatives aux déterminants et aux espaces préhilbertiens ;
- l'étude de l'intégration sur un segment puis sur un intervalle quelconque et celle des séries numériques ;
- l'étude des fonctions d'une variable réelle à valeurs dans $\mathbb{R}^2$, ce qui permet d'aborder les arcs paramétrés et une brève introduction aux fonctions de deux variables ;
- l'étude des variables aléatoires discrètes, ce qui permet de consolider et d'enrichir les notions relatives aux probabilités sur un univers fini introduites lors de la première période.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

# 1 Développements limités, calcul asymptotique

*Cette section est consacrée aux développements limités et le calcul asymptotique. Son objectif est de familiariser les élèves avec les techniques asymptotiques de base, dans les cadres discret et continu. Les suites et les fonctions y sont à valeurs réelles ou complexes, le cas réel jouant un rôle prépondérant.*

*On donne la priorité à la pratique d'exercices plutôt qu'à la vérification de propriétés élémentaires relatives aux relations de comparaison. De même, on expose le calcul des développements limités (somme et produit de fonctions, fonctions composées) à partir d'exemples explicites, en évitant toute présentation systématique.*

*On insiste sur l'estimation des restes. Pratiquement, on écrira par exemple* $\cos x = 1 - \frac{1}{2}x^2 + \beta(x)x^4$ *où* $\beta$ *est une fonction continue en* 0, *plutôt que* $\cos x = 1 - \frac{1}{2}x^2 + o(x^2)$.

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :*

- *connaissent les développements limités usuels ;*
- *maîtrisent la pratique du calcul asymptotique et ses applications au calcul des limites, à l'étude locale des fonctions et des courbes, etc.*

*En revanche, les situations dont la gestion manuelle ne relèverait que de la technicité seront traitées à l'aide d'outils logiciels auxquels il convient d'initier les élèves.*

| | |
|---|---|
| Relations de comparaison pour les suites : domination, négligeabilité et équivalence. | Notations $u_n = O(v_n)$, $u_n = o(v_n)$, $u_n \sim v_n$. Les relations $u_n = o(v_n)$ et $u_n \sim v_n$ sont définies à partir du quotient $\frac{u_n}{v_n}$ sous l'hypothèse que $v_n \neq 0$ pour $n$ assez grand. |
| Traduction à l'aide du symbole $o$ des croissances comparées des suites de termes généraux $\ln^\beta(n)$, $n^\alpha$, $e^{\gamma n}$, $(\alpha, \beta, \gamma) \in \mathbb{R}^3$. | |
| Liens entre les relations de comparaison. | Équivalence des relations $u_n \sim v_n$ et $u_n - v_n = o(v_n)$. |
| Règles usuelles de manipulation des relations de comparaison. | Opérations algébriques sur les équivalents. |
| Obtention d'un équivalent par encadrement. | Si les suites réelles $(u_n)_n$, $(v_n)_n$ et $(w_n)_n$ vérifient $u_n \leqslant v_n \leqslant w_n$, pour $n$ assez grand, et si $u_n \sim w_n$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| | alors $u_n \sim v_n$. |
| Propriétés conservées par équivalence. | Signe, limite. |
| Adaptation aux fonctions des définitions et résultats précédents. Traduction à l'aide du symbole $\circ$ des croissances comparées des fonctions $x \mapsto \ln^\beta(x)$, $x \mapsto x^\alpha$, $x \mapsto e^{\gamma x}$ en $+\infty$, de $x \mapsto \ln^\beta(x)$ et $x \mapsto x^\alpha$ en 0. | |
| Pour mener une étude locale de $f$ au voisinage de $a \neq 0$, on étudie la fonction $h \longmapsto f(a+h)$ au voisinage de 0. | Notations $f(x) = \underset{x\to a}{O}(g(x))$, $f(x) = \underset{x\to a}{\circ}(g(x))$ et $f(x) \underset{x\to a}{\sim} (g(x))$, $a \in \overline{\mathbb{R}}$. |
| Les relations $f(x) = \underset{x\to a}{\circ}(g(x))$ et $f(x) \underset{x\to a}{\sim} (g(x))$ sont définies à partir du quotient $\frac{f}{g}$ sous l'hypothèse que la fonction $g$ ne s'annule pas au voisinage de $a$. | |
| Développement limité, unicité des coefficients, règle de troncature. | |
| Caractérisation de la dérivabilité par l'existence d'un développement limité à l'ordre 1. | Développement limité en 0 d'une fonction paire, impaire. |
| Forme normalisée d'un développement limité : $f(a+h) = h^p\left(a_0 + a_1 h + \cdots + a_n h^n + o(h^n)\right)$, $a_0 \neq 0$. | Équivalence $f(a+h) \underset{h\to 0}{\sim} a_0 h^p$. Signe de $f$ au voisinage de $a$. |
| Opérations sur les développements limités : combinaison linéaire, produit, quotient. | Utilisation de la forme normalisée pour prévoir l'ordre d'un développement. |
| Les élèves doivent savoir déterminer sur des exemples simples le développement limité d'une composée, mais aucun résultat général n'est exigible. La division selon les puissances croissantes est hors programme. | |
| Primitivisation d'un développement limité. | |
| Formule de TAYLOR-YOUNG : développement limité à l'ordre $n$ en un point d'une fonction de classe $C^n$. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Développement limité à tout ordre en 0 de exp, sin, cos, sinh, cosh, $x \longmapsto \ln(1+x)$, $x \longmapsto \frac{1}{1+x}$, $x \longmapsto (1+x)^\alpha$, de arctan et de tan à l'ordre 3. | |
| Utilisation des développements limités à l'étude locale d'une fonction et pour préciser l'allure d'une courbe au voisinage d'un point. | Calculs d'équivalents et de limites, position relative d'une courbe et de sa tangente, détermination d'asymptotes. |
| Condition nécessaire, condition suffisante à l'ordre 2 pour un extremum local. | |
| Exemples de développements asymptotiques, dans les cadres discret et continu : fonctions réciproques, équations à paramètre, suites récurrentes, suites d'intégrales. | La notion de développement asymptotique est présentée sur des exemples simples. La notion d'échelle de comparaison est hors programme. |
| Formule de Stirling. Traduction comme développement asymptotique de $\ln(n!)$. | La démonstration n'est pas exigible. |

## 2 Espaces vectoriels

*Cette section et la suivante sont organisées autour des axes suivants :*

- *étudier les notions de base relatives aux espaces vectoriels, aux applications linéaires et à l'indépendance linéaire ;*
- *définir la notion de dimension, qui interprète le nombre de degrés de liberté d'un problème linéaire. On insiste sur les méthodes pratiques de calcul de dimension en faisant apparaître qu'elles reposent sur deux types de représentations : paramétrisation linéaire d'un sous-espace vectoriel, description d'un sous-espace vectoriel par des équations linéaires ;*
- *présenter quelques notions de géométrie affine de manière à faciliter l'interprétation géométrique de certaines situations, et à consolider et enrichir les acquis relatifs à la la géométrie affine classique du plan et de l'espace.*

*Lors de cette étude, on fera usage de nombreuses figures et on soulignera comment l'intuition géométrique permet d'interpréter en petite dimension les notions de l'algèbre linéaire, ce qui facilite leur extension à la dimension quelconque.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

*Il est attendu qu'à l'issue de ces sections, les élèves :*

- *aient assimilé les notions d'espace vectoriel et d'application linéaire, et les procédés usuels de leur construction ;*
- *sachent reconnaître les problèmes linéaires et les modéliser à l'aide des notions d'espace vectoriel et d'application linéaire ;*
- *connaissent les conséquences du théorème de la base incomplète (définition de la dimension, théorème du rang) ;*
- *maîtrisent le passage de l'expression géométrique d'un problème (en termes d'applications linéaires, de sous-espaces vectoriels, etc.) à son expression algébrique (en termes d'équations linéaires, de matrices, etc.) et vice versa ;*
- *soient capable, au moyen de l'algorithme de GAUSS, de déterminer un rang, d'extraire une sous-famille libre maximale d'une famille de vecteurs (base extraite), de compléter une famille libre en une base (base incomplète), d'inverser une matrice carrée ;*
- *maîtrisent le « théorème du rang » dans différentes formulations.*

*Dans tout le cours d'algèbre linéaire, le corps $\mathbb{K}$ est égal à $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.*

## 2.1 Généralités sur les espaces vectoriels

| | |
|---|---|
| **Notion d'espace vectoriel** | |
| Structure de $\mathbb{K}-$espace vectoriel.<br>Produit d'un nombre fini d'espaces vectoriels. | Espaces vectoriels $\mathbb{K}^n$, $\mathbb{K}[X]$, $\mathbb{K}^{\mathbb{N}}$. |
| Espace vectoriel $E^A$ des fonctions d'un ensemble non vide $A$ dans un espace vectoriel $E$. | Cas particulier des espaces vectoriels $\mathbb{K}^A$, $\mathbb{K}^{\mathbb{N}}$. |
| Famille à support fini (ou presque nulle) de scalaires, combinaison linéaire d'une famille de vecteurs. | On commence d'abord par introduire la notion de combinaison linéaire d'une famille finie de vecteurs. |
| **Notion de sous-espace vectoriel** | |
| Sous-espace vectoriel. | Sous-espace nul. Droites vectorielles de $\mathbb{R}^2$, droites et plans vectoriels de $\mathbb{R}^3$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Sous-espace $\mathbb{K}_n[X]$ de $\mathbb{K}[X]$. | |
| Intersection d'une famille de sous-espaces vectoriels. | Cas de l'ensemble des solutions d'un système linéaire homogène. |
| Sous-espace vectoriel engendré par une partie $X$. | Notations $\text{vect}(X)$, $\text{vect}(x_i)_{i\in I}$. Tout sous-espace vectoriel contenant $X$ contient $\text{vect}(X)$. |
| **Familles de vecteurs d'un espace vectoriel** | |
| Familles ( ou parties) génératrices ; libres ; liées. Indépendance et dépendance linéaire d'une famille de vecteurs. | Ajout d'un vecteur à une famille libre. Indépendance d'une famille de polynômes de degrés distincts. |
| Base, coordonnées. | Bases canoniques de $\mathbb{K}^n$, $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, $\mathbb{K}_n[X]$, $\mathbb{K}[X]$. Bases formée de polynômes de degrés échelonnés dans $\mathbb{K}[X]$ et $\mathbb{K}_n[X]$. |
| **Somme de deux sous-espaces vectoriels** | |
| Somme de deux sous-espaces vectoriels. Somme directe de deux sous-espaces vectoriels. | Notations $F+G$, $F\oplus G$. Caractérisation de la somme directe par l'unicité de l'écriture, par l'intersection. |
| Sous-espaces vectoriels supplémentaires. | Les élèves doivent prendre l'habitude de se représenter des espaces supplémentaires par une figure en dimension 2 et 3. |

## 2.2 Espaces vectoriels de dimension finie

| | |
|---|---|
| **Existence de bases** | |
| Un espace vectoriel est dit fini-dimensionnel (ou de dimension finie) s'il possède une famille génératrice finie. | |
| Si $(x_i)_{1\leqslant i\leqslant n}$ engendre $E$ et si $(x_i)_{i\in I}$ est libre, où $I \subset \{1,\dots,n\}$, alors il existe une partie $J \subset \{1,\dots,n\}$, contenant $I$ telle que $(x_i)_{i\in J}$ soit une base de $E$. | Existence de bases d'un espace vectoriel de dimension finie. |
| Théorème de la base extraite : de toute famille génératrice on peut extraire une base. Théorème de la base incomplète : toute famille libre peut être | Utilisation de l'algorithme de GAUSS pour extraire une sous-famille libre maximale d'une famille de vecteurs et pour compléter une famille libre en une |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| complétée en une base. | base. |
| **Notion de dimension** | |
| Dans un espace vectoriel engendré par $n$ vecteurs, toute famille de $n+1$ vecteurs est liée. | |
| Dimension d'un espace de dimension finie. Exemples de calcul de la dimension. | Dimensions de $\mathbb{K}^n$, de $\mathbb{K}_n[X]$, de $\mathscr{M}_{n,p}(\mathbb{K})$. |
| Dimensions de l'espace des solutions d'une équation différentielle linéaire homogène d'ordre 1 résolue en $y'$, de l'espace des solutions d'une équation différentielle linéaire homogène d'ordre 2 à coefficients constants, de l'espace des suites vérifiant une relation de récurrence linéaire homogène d'ordre 2 à coefficients constants. | |
| Dans un espace vectoriel de dimension $n$, caractérisation des bases comme familles libres ou génératrices de $n$ vecteurs. | Une famille de $n$ vecteurs est une base si, et seulement si, elle est libre, si, et seulement si, elle est génératrice. |
| Dimension d'un produit fini d'espaces vectoriels de dimensions finies. | |
| Rang d'une famille finie de vecteurs. | Notation $\mathrm{rg}(x_1, \ldots, x_n)$. |
| **Dimension et sous-espace vectoriel** | |
| Dimension d'un sous-espace vectoriel d'un espace vectoriel de dimension finie, cas d'égalité. | Sous-espaces vectoriel de $\mathbb{R}^2$ et $\mathbb{R}^3$. |
| Dimension d'une somme de deux sous-espaces vectoriels. Caractérisation dimensionnelle des couples de sous-espaces vectoriels supplémentaires. | Formule de Grassmann. |
| Tout sous-espace vectoriel d'un espace vectoriel de dimension finie possède un supplémentaire. | Dimension commune des supplémentaires. |
| Base adaptée à un sous-espace vectoriel, à une décomposition en somme directe de deux sous-espaces vectoriels. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## 2.3 Applications linéaires

*On rappelle que le corps $\mathbb{K}$ est ici égal à $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.*

### Généralités sur les applications linéaires

| | |
|---|---|
| Application linéaire. | |
| Opérations sur les applications linéaires : combinaison linéaire, composition. Isomorphismes, réciproque. | L'ensemble $\mathscr{L}(E,F)$ est un espace vectoriel. |
| Bilinéarité de la composition. | |
| Image directe et image réciproque d'un sous-espace vectoriel par une application linéaire. | |
| Image et noyau d'une application linéaire. | |
| Caractérisation de l'injectivité, la surjectivité. | Notations $\mathrm{Im}(u)$, $\mathrm{Ker}(u)$ ou plus simplement $\mathrm{Im}\,u$, $\mathrm{Ker}\,u$. |
| Si $(x_i)_{i\in I}$ est une famille génératrice de $E$ et si $u \in \mathscr{L}(E,F)$, alors $\mathrm{Im}\,u = \mathrm{vect}(\{u(x_i), i \in I\})$. | |
| Image d'une base par un isomorphisme. | |
| Endomorphismes. | Anneau $(\mathscr{L}(E), +, \circ)$. Non commutativité si $E$ n'est pas de dimension $\geqslant 2$. Pour $u, v \in \mathscr{L}(E)$, notation $vu$ pour la composée $v \circ u$. Notation $u^k$ pour $k \in \mathbb{N}$. |
| Exemples d'endomorphismes : identité, homothéties. | Notations $id_E$, $\lambda.id_E$. |
| Définition géométrique d'une projection ou projecteur, d'une symétrie. Caractérisation par $p^2 = p$ ou $s^2 = id_E$. | Les élèves doivent prendre l'habitude de se représenter ces notions de projection et de symétrie par une figure en dimension 2 et 3. |
| Automorphismes. Groupe linéaire. | Notation $\mathrm{GL}(E)$. Notation $u^k$ pour $u \in \mathrm{GL}(E)$ et $k \in \mathbb{Z}$. |

### Applications linéaires et dimension finie

| | |
|---|---|
| Application linéaire de rang fini. | Notation $\mathrm{rg}(u)$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Inégalité $\mathrm{rg}(v \circ u) \leqslant \min(\mathrm{rg}(u), \mathrm{rg}(v))$. Invariance du rang par composition par un isomorphisme. | |
| Détermination d'une application linéaire par les images des vecteurs d'une base. | |
| Caractérisation de l'injectivité, de la surjectivité, de la bijectivité de $u$. | Si $(e_i)_{i\in I}$ est une base de $E$ et $(f_i)_{i\in I}$ une famille de vecteurs de $F$, alors il existe une et une seule application $u \in \mathscr{L}(E,F)$ telle que pour tout $i \in I$, $u(e_i) = f_i$. |
| Espaces vectoriels isomorphes, caractérisation par la dimension. | Classification, à isomorphisme près, des espaces vectoriels de dimension finie par leur dimension. |
| Pour une application linéaire entre deux espaces de même dimension finie, équivalence entre injectivité, surjectivité et bijectivité. | Si $u \in \mathscr{L}(E,F)$, avec $E$ et $F$ de même dimension finie, alors $u$ est bijective si, et seulement si, $u$ est injective, si, et seulement si, $u$ est surjective. |
| Pour un endomorphisme en dimension finie, équivalence entre inversibilité, inversibilité à gauche et inversibilité à droite. | Si $u \in \mathscr{L}(E)$, avec $E$ de dimension finie, alors $u$ est inversible si, et seulement si, $u$ est inversible à gauche si, et seulement si, $u$ est inversible à droite. |
| Si $E$ et $F$ sont de dimension finie, il en est de même pour $\mathscr{L}(E,F)$. | Formule $\dim \mathscr{L}(E,F) = \dim E \times \dim F$. |
| Si $E_1$ et $E_2$ sont des sous-espaces supplémentaires de $E$, et si $u_1 \in \mathscr{L}(E_1,F)$, $u_2 \in \mathscr{L}(E_2,F)$, alors il existe une unique application $u \in \mathscr{L}(E,F)$ coïncidant avec $u_1$ sur $E_1$ et avec $u_2$sur $E_2$. | |
| Forme géométrique du théorème du rang : si $u \in \mathscr{L}(E,F)$ et si $S$ est un supplémentaire de $\mathrm{Ker}\, u$ dans $E$, alors $u$ induit un isomorphisme de $S$ sur $\mathrm{Im}\, u$. | |
| Théorème du rang. | Si $E$ est de dimension finie et $u \in \mathscr{L}(E,F)$ alors $u$ est de rang finie et $\dim E = \dim \mathrm{Ker}\, u + \mathrm{rg}(u)$. |

## 2.4 Notions sur les formes linéaires et les hyperplans

| | |
|---|---|
| Forme linéaire. | Formes coordonnées relativement à une base. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Hyperplan.<br>Équations d'un hyperplan dans une base en dimension finie.<br>Si $H$ est un hyperplan de $E$, alors pour toute droite $D$ non contenue dans $H$ : $E = H \oplus D$. Réciproquement, tout supplémentaire d'une droite est un hyperplan. | Un hyperplan est le noyau d'une forme linéaire non nulle.<br><br>En dimension $n$, les hyperplans sont exactement les sous-espaces de dimension $n-1$. |
| Comparaison de deux équations d'un même hyperplan.<br>Si $E$ est un espace vectoriel de dimension finie $n$, l'intersection de $m$ hyperplans est de dimension au moins $n-m$. Réciproquement, tout sous-espace vectoriel de $E$ de dimension $n-m$ est l'intersection de $m$ hyperplans. | Système d'équations d'un sous-espace vectoriel. Cas des droites vectorielles de $\mathbb{R}^2$, des droites et plans vectoriels de $\mathbb{R}^3$. L'étude de la dualité est hors programme. |

## 2.5 Sous-espaces affines d'un espace vectoriel

*Cette section a un double objectif :*

- *montrer comment l'algèbre linéaire permet d'étendre les notions de géométrie affine étudiées dans le secondaire et d'utiliser l'intuition géométrique dans un cadre élargi ;*
- *modéliser un problème affine par une équation du type $u(x) = a$, où $u$ est une application linéaire, et unifier ainsi plusieurs situations de ce genre déjà rencontrées (systèmes linéaires, équations différentielles linéaires, suites récurrentes linéaires, …).*

*Cette partie du cours doit être illustrée par de nombreuses figures.*

| | |
|---|---|
| Présentation informelle de la structure affine d'un espace vectoriel : points et vecteurs. Translation. | On se limite à la dimension finie. L'écriture $B = A + \vec{u}$ est équivalente à la relation $\overrightarrow{AB} = \vec{u}$. |
| Sous-espace affine d'un espace vectoriel, direction. Hyperplan affine. | Sous-espaces affines de $\mathbb{R}^2$ et de $\mathbb{R}^3$ |
| Intersection de sous-espaces affines. | |
| Barycentres. Famille affinement indépendante de | Insister sur le cas de dimension 1, 2 et 3. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| points, repère affine, coordonnées.<br>Si $u \in \mathscr{L}(E,F)$, l'ensemble des solutions de l'équation linéaire $u(x) = a$, d'inconnue $x$, est soit l'ensemble vide, soit un sous-espace affine dirigé par $\operatorname{Ker} u$.<br>La notion d'application affine est hors programme. | Retour sur les systèmes linéaires, les équations différentielles linéaires d'ordres 1 et 2, les suites arithmético-géométriques, et la recherche de polynômes interpolateurs. |

## 3 Matrices

*Les objectifs de cette section sont les suivants :*

- *présenter les liens entre applications linéaires et matrices, de manière à exploiter les changements de registres (géométrique, numérique, formel) ;*
- *étudier l'effet d'un changement de bases sur la représentation matricielle d'une application linéaire et la relation d'équivalence qui s'en déduit sur $\mathscr{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ ;*
- *introduire brièvement la relation de similitude sur $\mathscr{M}_n(\mathbb{K})$.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves*

- *sachent représenter matriciellement une famille finie de vecteurs ou de formes linéaires et une application linéaire dans une base donnée et utiliser les formules de changement de bases ;*
- *maîtrisent le passage de l'expression géométrique d'un problème (en termes d'applications linéaires, de sous-espaces vectoriels, etc.) à son expression algébrique (en termes d'équations linéaires, de matrices, etc.) et vice versa ;*
- *soient capables, au moyen de l'algorithme de GAUSS, de déterminer le rang d'une matrice ou d'une application linéaire ;*
- *maîtrisent le « théorème du rang » dans différentes formulations.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

## 3.1 Matrice d'une application linéaire dans des bases

| | |
|---|---|
| Matrice d'une famille de vecteurs dans une base $e$, d'une application linéaire $u$ dans un couple $(e, f)$ de bases, d'un endomorphisme $v$ dans une base $e$. | Notation $Mat_{e,f}(u)$, $Mat_e(v)$. |
| Exemple : matrice, dans la base $(1, i)$ du $\mathbb{R}-$espace vectoriel $\mathbb{C}$, de la similitude $z \longmapsto (a+ib)z$ , $a, b \in \mathbb{R}$. | |
| Isomorphisme d'espaces vectoriels de $\mathscr{L}(E, F)$ sur $\mathscr{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ induit par le choix d'un couple de bases. | |
| Isomorphisme d'espaces vectoriels et d'anneaux de $\mathscr{L}(E)$ sur $\mathscr{M}_n(\mathbb{K})$ induit par le choix d'une base. | Notations $u \mapsto Mat_{e,f}(u)$ et $v \mapsto Mat_e(v)$. |
| Coordonnées de l'image d'un vecteur par une application linéaire. | |
| Matrice d'une composée d'applications linéaires. Lien entre matrices inversibles et isomorphismes. | Cas particulier des endomorphismes. Matrice de la réciproque d'un isomorphisme. |

## 3.2 Application linéaire canoniquement associée à une matrice

| | |
|---|---|
| Application linéaire canoniquement associée à une matrice. | On identifie ici $\mathscr{M}_{n,1}(\mathbb{K})$ et $\mathbb{K}^n$. |
| Noyau, image et rang d'une matrice. | Les colonnes engendrent l'image, les lignes donnent un système d'équations du noyau. |
| Une matrice carrée de $\mathscr{M}_n(\mathbb{K})$ est inversible si, et seulement si, son noyau est réduit au sous-espace nul, ou si, et seulement si, ses colonnes engendrent l'espace $\mathbb{K}^n$ ou si, et seulement si, son rang vaut $n$. | |
| Lien entre les diverses notions de rang. | Condition d'inversibilité d'une matrice triangulaire. L'inverse d'une matrice triangulaire supérieure/inférieure est une matrice triangulaire supérieure/inférieure. |
| Toute matrice carrée inversible à gauche ou à droite | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| est inversible. | |

**Retour sur les systèmes linéaires**

| | |
|---|---|
| Interprétation de l'ensemble des solutions d'un système homogène comme noyau d'une matrice. | Rang d'un tel système, dimension de l'espace des solutions. |
| Le système $AX = B$ est compatible si, et seulement si, $B$ appartient à l'image de $A$. | Structure affine de l'ensemble des solutions. |
| Si la matrice $A$ est carrée et inversible, le système $AX = B$ possède une unique solution. | Dans ce cas, le système est dit de Cramer. |

## 3.3 Changements de bases, équivalence et similitude

**Changements de bases**

| | |
|---|---|
| Matrice de passage d'une base à une autre. Inversibilité et inverse d'une matrice de passage. | La matrice de passage $P_e^{e'}$ de $e$ à $e'$ est la matrice de la famille $e'$ dans la base $e$. L'inverse de $P_e^{e'}$ est $P_{e'}^{e}$. |
| Effet d'un changement de base sur la matrice des coordonnées d'un vecteur. | Base dans laquelle la matrice d'un endomorphisme donné est simple. |
| Effet d'un changement du couple de bases sur la matrice d'une application linéaire. | Exemples de recherche d'un couple de bases dans lequel la matrice d'une application linéaire donnée est simple. |
| Effet d'un changement de base sur la matrice d'un endomorphisme. | Exemples de recherche d'une d'une base dans laquelle la matrice d'un endomorphisme donné est simple. |

**Matrices équivalentes et rang**

| | |
|---|---|
| Si $E$ et $F$ sont deux espaces vectoriels de dimensions $p$ et $n$ respectivement, et si $u \in \mathscr{L}(E,F)$ est de rang $r$ alors il existe une base $e$ de $E$ et une base $f$ de $F$ telles que : $Mat_{e,f}(u) = J_r$. | La matrice $J_r = \begin{pmatrix} I_r & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \in \mathscr{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, $I_r$ étant la matrice unité d'ordre $r$. |
| Matrices équivalentes. | Interprétation géométrique. |
| Une matrice élément de $\mathscr{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ est de rang $r$ si | Classification des matrices équivalentes par le rang. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| et seulement si elle est équivalente à $J_r$. | |
| Invariance du rang par transposition. Rang d'une matrice extraite. Caractérisation du rang par les matrices carrées extraites. | |
| Les opérations élémentaires sur les colonnes (resp. lignes) conservent l'image (resp. le noyau). Les opérations élémentaires conservent le rang. | Application : calcul du rang. |
| Une autre formulation du théorème du rang. | Le rang d'un système d'équations linéaires homogènes est égal au rang de sa matrice, une matrice et sa transposée ont même rang, l'ensemble des solutions d'un système d'équations linéaires homogènes à $p$ inconnues de rang $r$ est un sous-espace vectoriel de $\mathbb{K}^p$ de dimension $p-r$. |
| **Matrices semblables** | |
| Matrices semblables. | Interprétation géométrique. Exemples de recherche d'une matrice simple semblable à une matrice donnée. |
| Trace d'une matrice carrée. Linéarité de la trace, relation $\mathrm{tr}(AB) = \mathrm{tr}(BA)$, invariance par similitude. | Notations $\mathrm{tr}(A)$, $\mathrm{tr}(A)$. |
| Trace d'un endomorphisme d'un espace vectoriel de dimension finie. Linéarité de la trace, relation $\mathrm{tr}(uv) = \mathrm{tr}(vu)$. Trace d'un projecteur. | Notations $\mathrm{tr}(u)$, $\mathrm{tr}(u)$. |

## 4 Groupe symétrique et déterminants

*Dans cette section, le groupe symétrique est introduit en vue de l'étude des déterminants, mais aussi pour son intérêt propre et ses interventions possibles dans diverses questions d'algèbre et de probabilités. ; les objectifs visés dans cette section sont les suivants :*

- *introduire la notion de déterminant d'une famille de vecteurs, en motivant sa construction par la géométrie ;*
- *établir les principales propriétés des déterminants des matrices carrées et des endomorphismes ;*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

- *indiquer quelques méthodes simples de calcul de déterminants.*

*Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :*

- *puissent manipuler les permutations et calculer leur signature ;*
- *connaissent la théorie des déterminants et acquièrent des méthodes pour les calculer.*

*Dans toute la suite, $E$ désigne un espace vectoriel de dimension finie $n \geqslant 1$.*

## 4.1 Groupe symétrique

| | |
|---|---|
| Groupe des permutations de l'ensemble $\{1, \dots, n\}$. | Notation $S_n$. |
| Cycle, transposition. | Notation $(a_1 a_2 \dots a_p)$. |
| Décomposition d'une permutation en produit de cycles à supports disjoints : existence et unicité. | La démonstration n'est pas exigible. Commutativité de la décomposition. |
| Méthode pratique de décomposition. | les élèves doivent maîtriser la pratique de décomposition d'une permutation. |
| Toute permutation se décompose en produit de transpositions. | La décomposition n'est pas unique mais la parité du nombre de transpositions l'est. |
| Signature.<br>Signature d'une permutation ; signature d'un cycle. Pratique de calcul de la signature. | Il existe un unique morphisme de groupes de $S_n$ sur $\{-1, 1\}$ envoyant toute transposition sur $-1$.<br>La démonstration n'est pas exigible. |

## 4.2 Déterminants

| Formes n-linéaires alternées | |
|---|---|
| Formes n-linéaires alternées sur $E$. | La définition est motivée par les notions intuitives d'aire et de volume algébriques, en s'appuyant sur des figures. |
| Antisymétrie, effet d'une permutation. | Si $f$ est une forme n-linéaire alternée sur $E$ et si $(x_1, \dots, x_n)$ est une famille liée de $E$, alors $f(x_1, \dots, x_n) = 0$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## Déterminant d'une famille de vecteurs dans une base

| | |
|---|---|
| Déterminant d'une famille de vecteurs dans une base : si $e$ est une base, il existe une et une seule forme $n$ linéaire alternée $f$ pour laquelle $f(e) = 1$. Toute forme $n$-linéaire alternée est un multiple de $\det_e$ | Relation Notation $\det_e$. La démonstration de l'existence n'est pas exigible. |
| Expression du déterminant dans une base en fonction des coordonnées (formule de LEIBNIZ). | Dans $\mathbb{R}^2$ (resp. $\mathbb{R}^3$), interprétation du déterminant dans la base canonique comme aire orientée (resp. volume orienté) d'un parallélogramme (resp. parallélépipède). |
| Relation entre $\det_e$ et $\det_{e'}$ si $e$ et $e'$ sont deux bases. | |
| La famille $(x_1, \ldots, x_n)$ est une base si et seulement si $\det_e(x_1, \ldots, x_n) \neq 0$. | |
| Orientation d'un espace vectoriel réel de dimension finie. | |

## Déterminant d'un endomorphisme, d'une matrice carrée

| | |
|---|---|
| Déterminant d'un endomorphisme. Déterminant d'une composée. | Caractérisation des automorphismes. |
| Déterminant d'une matrice carrée. | Caractère n-linéaire alterné du déterminant par rapport aux colonnes. |
| Déterminant d'un produit. | Relation $\det(\lambda A) = \lambda^n \det(A)$ si $A \in \mathcal{M}_n(\mathbb{K})$. |
| Caractérisation des matrices inversibles. L'application det induit un morphisme de $\mathrm{GL}(E)$ (resp. $\mathrm{GL}_n(K)$) sur $\mathbb{K}^*$. | |
| Déterminant d'une transposée. | Caractère n-linéaire alterné du déterminant par rapport aux lignes. |

## Calcul des déterminants, Comatrice

| | |
|---|---|
| Effet des opérations élémentaires. | |
| Cofacteur. formules de LAPLACE de développement d'un déterminant par rapport à une ligne ou une colonne. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Déterminant d'une matrice triangulaire.<br>Déterminant de VANDERMONDE.<br>Comatrice.<br>Relation<br>$$A\,{}^t\mathrm{Com}(A) = {}^t\mathrm{Com}(A)A = \det(A)I_n$$ | Lien avec les polynômes de Lagrange.<br>Notations $\mathrm{Com}(A)$, $\widetilde{A} = {}^t\mathrm{Com}(A)$.<br>Expression de l'inverse d'une matrice inversible. |

## 5 Espaces préhilbertiens réels

*La notion de produit scalaire a été étudiée d'un point de vue élémentaire dans l'enseignement secondaire qualifiant. L'objectif de cette section est de généraliser cette notion et exploiter, principalement à travers l'étude des projections orthogonales, l'intuition acquise dans des situations géométriques en dimension 2 ou 3 pour traiter des problèmes posés dans un contexte plus abstrait.*

Les familles de polynômes orthogonaux donnent des illustrations pertinentes des notions abordées dans cette section. Lors de cette étude, on fera usage de nombreuses figures et on soulignera comment l'intuition géométrique permet d'interpréter en petite dimension les notions étudiées, ce qui facilite leur extension à la dimension quelconque. Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :

- acquièrent les notions de base sur le produit scalaire, sur les espaces vectoriels euclidiens (bases orthonormales, supplémentaires orthogonaux, projecteurs orthogonaux) et sur la géométrie euclidienne du plan et de l'espace ;
- sachent orthogonaliser une famille libre d'un espace euclidien au moyen de l'algorithme de GRAM-SCHMIDT et calculer la distance entre deux sous-espaces affines ;
- maîtrisent les relations entre le point de vue géométrique et le point de vue matriciel.

Dans toute la suite, $E$ est un espace vectoriel réel.

### 5.1 Produit scalaire, norme associée

| | |
|---|---|
| Produit scalaire sur $E$. | |
| | Notations $\langle x, y\rangle$, $(x \mid y)$, $x \cdot y$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Espace préhilbertien, espace euclidien. | |
| Produit scalaire canonique sur $\mathbb{R}^n$, sur $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R})$. | Expressions $x\,{}^t y$ , $\mathrm{tr}({}^t AB)$. |
| Produit scalaire $(f,g) \mapsto \int_a^b fg$ sur $\mathcal{C}([a,b],\mathbb{R})$, produit scalaire $(f,g) \mapsto \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} fg$ sur l'espace vectoriel $\mathcal{C}_{2\pi}(\mathbb{R},\mathbb{R})$ des fonctions continues $2\pi$–périodiques sur $\mathbb{R}$. | Exemples de produits scalaires sur $\mathbb{R}[X]$ et $\mathcal{C}([a,b],\mathbb{R})$ définis à l'aide d'intégrales. |
| Norme associée à un produit scalaire, distance. | Notation $\|\ \|$. |
| Inégalité de CAUCHY-SCHWARZ, cas d'égalité. Inégalité triangulaire, cas d'égalité. | Application dans les cas des produits scalaires cités ci-dessus. |
| Relations entre produit scalaire et norme ; identités de polarisation ; identité du parallélogramme. | |

## 5.2 Orthogonalité

| | |
|---|---|
| Vecteurs orthogonaux, orthogonal d'une partie, sous-espaces vectoriels orthogonaux. | Notation $X^\perp$. |
| L'orthogonal d'une partie est un sous-espace vectoriel. | |
| Famille orthogonale, orthonormale (ou orthonormée). Toute famille orthogonale de vecteurs non nuls est libre. Théorème de PYTHAGORE, cas d'une famille finie de vecteurs. Algorithme d'orthonormalisation de GRAM-SCHMIDT. | |
| Existence de bases orthonormales dans un espace euclidien. Théorème de la base orthonormale incomplète. Coordonnées dans une base orthonormale. Expressions du produit scalaire et | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| de la norme dans une telle base.<br>Dans un espace vectoriel euclidien orienté de dimension $n$, déterminant de $n$ vecteurs dans une base orthonormale directe, noté $\mathrm{Det}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ ou $[x_1, x_2, \ldots, x_n]$. Produit mixte de $n$ vecteurs, produit vectoriel de $n-1$ vecteurs.<br>Dans un espace euclidien orienté de dimension 3, notations $u \wedge v$ ou $u \times v$. Expression des coordonnées du produit vectoriel dans une base orthonormale directe. | Interprétation géométrique en termes de volume orienté, effet d'une application linéaire. |

## 5.3 Projection orthogonale sur un sous-espace vectoriel de dimension finie

| | |
|---|---|
| Supplémentaire orthogonal d'un sous-espace vectoriel $F$ de dimension finie. | En dimension finie : dimension de $F^\perp$, vecteur normal à un hyperplan. |
| Projection orthogonale sur un sous-espace vectoriel de dimension finie. Expression du projeté orthogonal dans une base orthonormale de $F$. | À défaut dune base orthonormale de $F$, les élèves doivent savoir déterminer $p_F(x)$ en résolvant un système linéaire traduisant l'orthogonalité du vecteur $x - p_F(x)$ aux vecteurs d'une base (ou d'une famille génératrice) de $F$. |
| Distance d'un vecteur $x$ à un sous-espace vectoriel $F$ de dimension finie.<br>Le projeté orthogonal de $x$ sur $F$ est l'unique élément de $F$ qui minimise la distance de $x$ à $F$ : $\|x - p_F(x)\| = \min_{y \in F} \|x - y\|$. | Notation $d(x, F)$.<br>En dimension finie, projeté orthogonal d'un vecteur $x$ sur l'hyperplan $\mathrm{vect}(u)^\perp$. Distance de $x$ à $\mathrm{vect}(u)^\perp$. |
| Inégalité de Bessel : pour tout $x \in E$, $\|p_F(x)\| \leqslant \|x\|$. | |

## 5.4 Un peu de géométrie affine euclidienne

| | |
|---|---|
| Vecteur normal à un hyperplan affine d'un espace euclidien. Si l'espace est orienté, orientation d'un | Lignes de niveau de l'application $M \mapsto \overrightarrow{AM}.\vec{n}$. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| hyperplan par un vecteur normal. | |
| Équations d'un hyperplan affine dans un repère orthonormal. | Cas particuliers de $\mathbb{R}^2$ et $\mathbb{R}^3$. |
| Distance d'un point $M$ à un hyperplan affine défini par un point $A$ et un vecteur normal unitaire $\vec{n}$ : $\|\overrightarrow{AM}.\vec{n}\|$. | Cas particuliers du plan et de l'espace euclidiens. |

## 6 Intégration des fonctions continues par morceaux sur un segment

*Dans cette section, il s'agit de donner une construction rigoureuse de l'intégrale d'une fonction, réelles ou complexes, continue par morceaux sur un segment en partant de sa définition comme une aire. Ses propriétés élémentaires sont en suite établies, et notamment le lien entre intégration et primitivisation. Ceci permet de revenir sur les techniques de calcul intégral en vue de les consolider, mais aussi de traiter des exercices d'esprit plus théorique.*

Les méthodes de calcul approché d'intégrales donnent l'occasion de revenir sur la problématique de l'approximation. On pourra ainsi comparer les performances de la méthode des rectangles et de celle des trapèzes.

La notion de continuité uniforme étant hors programme de MPSI, le théorème sur l'approximation d'une fonction continue par morceaux sur un segment par une fonction en escalier est établi en ayant recourt à l'axiome de la borne supérieure.

Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :

- soient capables de mener des calculs d'intégrales et de primitives dans des cas usuels ;
- puissent mettre en pratique, sur des exemples simples, les techniques d'intégration par parties et de changement de variable ;
- aient une connaissance à la fois théorique et pratique des principales inégalités (inégalités des accroissements finis et de TAYLOR-LAGRANGE, inégalité triangulaire, etc.).

On note $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$. Pour la construction de l'intégrale, on peut soit se placer d'emblée dans le cadre des fonctions à valeurs complexes, soit traiter d'abord le cas réel avant de procéder à une brève extension.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

## 6.1 Fonction en escalier, fonction continue par morceaux sur un segment

Subdivision d'un segment, pas de la subdivision. Fonction en escalier, continue par morceaux, de classe $C^1$ par morceaux sur un segment $[a,b]$ de $\mathbb{R}$, à valeurs dans $\mathbb{K}$.

Approximation d'une fonction continue par morceaux sur un segment par une fonction en escalier : soit $f : [a,b] \to \mathbb{K}$ une fonction continue par morceaux sur $[a,b]$ alors, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe une fonction en escalier $\varphi : [a,b] \longrightarrow \mathbb{K}$ telle que $|f(t) - \varphi(t)| \leqslant \varepsilon$ pour tout $t \in [a,b]$.

Dans le cas $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ on parvient ainsi à construire un couple de fonctions en escalier qui encadrent $f$ à $\varepsilon$ près sur le segment.

Notations $\mathcal{E}([a,b],\mathbb{K})$, $\mathcal{CM}([a,b],\mathbb{K})$ et $\mathcal{CM}^1([a,b],\mathbb{K})$. Structure vectorielle. Stabilité par le produit et le passage au module des ensembles $\mathcal{E}([a,b],\mathbb{K})$ et $\mathcal{CM}([a,b],\mathbb{K})$.

On peut montrer cette propriété en appliquant le principe de la borne supérieure et le fait que $f$ possède une limite à droite en tout point de l'intervalle $[a,b[$ et une limite à gauche en tout point de l'intervalle $]a,b]$ : considérer l'ensemble $\Gamma = \{c \in [a,b];\ \exists \varphi \in \mathcal{E}([a,c],\mathbb{K}),\ \forall t \in [a,c],\ |f(t) - \varphi(t)| \leqslant \varepsilon\}$. Cet ensemble est non vide (il contient $a$) et est majoré par $b$. Il admet donc une borne supérieure $\gamma$ dans $[a,b]$. Il est en fait évident que $\Gamma$ est l'un des intervalles $[a,\gamma[$ ou $[a,\gamma]$. Établir le résultat d'approximation revient à montrer que $\gamma \in \Gamma$ et que $\gamma = b$.

Une représentation graphique des fonctions est éclairante, en vue notamment de l'interprétation de l'intégrale en termes d'aire.

## 6.2 Intégrale d'une fonction continue par morceaux sur un segment

Intégrale d'une fonction $\varphi$ en escalier sur un segment $[a,b]$. Propriétés usuelles : linéarité, additivité et positivité de l'intégrale. Inégalité triangulaire.

Définition de l'intégrale d'une fonction $f$ continue par morceaux sur un segment $[a,b]$ : Soit $(\varphi_n)_{n\in\mathbb{N}}$ une suite de fonctions en escalier sur $[a,b]$ telle que $\sup_{t\in[a,b]} |f(t) - \varphi_n(t)| \leqslant \frac{1}{n+1}$, $n \in \mathbb{N}$. On

Notations $\int_{[a,b]} \varphi$, $\int_a^b \varphi$, $\int_a^b \varphi(t)\,\mathrm{d}t$. $\left|\int_{[a,b]} \varphi\right| \leqslant \int_{[a,b]} |\varphi|$.

Notations $\int_{[a,b]} f$, $\int_a^b f$, $\int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

pose $I_n = \int_a^b \varphi_n$, alors la suite $(I_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est bornée et convergente dans $\mathbb{K}$ (Bolzano-Weierstrass), et sa limite ne dépend pas du choix de la suite $(\varphi_n)_{n\in\mathbb{N}}$. Cette limite s'appelle l'intégrale de $f$ sur $[a,b]$.

On pourrait se placer d'abord dans le cas où la fonction $f$ est réelle et l'encadrer à $\varepsilon$ près par deux fonctions en escalier $\varphi$ et $\psi$ de sorte que $\varphi \leqslant f \leqslant \psi$ et $0 \leqslant \psi - \varphi \leqslant \varepsilon$, puis illustrer l'approximation à l'aide d'un graphique. Envisager ensuite de définir l'intégrale d'une fonction complexe à l'aide de sa partie réelle et sa partie imaginaire.

Propriétés usuelles : linéarité, additivité et positivité de l'intégrale.

Inégalité triangulaire.

L'intégrale sur un segment d'une fonction continue de signe constant est nulle si, et seulement si, la fonction est nulle.

Relation de CHASLES.

Sommes de RIEMANN : si $f \in \mathcal{CM}([a,b],\mathbb{K})$, alors

$$\frac{b-a}{n}\sum_{k=0}^{n-1} f\left(a+k\frac{b-a}{n}\right) \underset{n\to+\infty}{\longrightarrow} \int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t.$$

Valeur moyenne d'une fonction continue par morceaux sur un segment.

$\left|\int_{[a,b]} f\right| \leqslant \int_{[a,b]} |f|$.

Extension de la notation $\int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$ au cas où $b \leqslant a$. Propriétés correspondantes.

Interprétation géométrique dans le cas $\mathbb{K} = \mathbb{R}$. Démonstration dans le cas où $f$ est de classe $C^1$ ou lipschitzienne.

## 6.3 Intégrale fonction de sa borne supérieure et applications

Dérivation de $x \longmapsto \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t$ pour $f$ continue.

Théorème fondamental du calcul intégral. **: toute**

Si $f \in \mathcal{CM}([a,b],\mathbb{K})$, alors $x \mapsto \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t$ est continue (même lipschitzienne) sur $[a,b]$ et dérivable en tout point de continuité de $f$.

$f$ étant une fonction continue sur $I$ et $a \in I$, la

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| **fonction continue sur un intervalle possède une primitive.** | fonction $x \longmapsto \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t$ est une primitive de $f$ sur $I$. C'est l'unique primitive de $f$ qui s'annule en $a$. De plus, pour toute primitive $G$ de $f$, $$G(x) = G(a) + \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t, \quad x \in I.$$ |
| Définition d'une fonction continue par morceaux sur un intervalle quelconque. | Une fonction $f$ est continue par morceaux sur $I$ si sa restriction à tout segment $J$ inclus dans $I$ est continue par morceaux sur $J$. |
| Définition des primitives d'une fonction continue par morceaux.<br>Deux primitives d'une fonction continue par morceaux sur l'intervalle $I$ diffèrent d'une constante.<br>Extension du théorème fondamental du calcul intégral aux fonctions continues par morceaux. | Si $f : I \to \mathbb{K}$ est continue par morceaux. On appelle primitive de $f$ sur $I$ toute fonction continue $F : I \to \mathbb{K}$ telle qu'en tout point de continuité $x$ de $f$, $F$ soit dérivable de dérivée égale à $f(x)$. Si $x_0$ est un point de $I$, toute primitive de $f$ sur $I$ est de la forme $x \mapsto \lambda + \int_{x_0}^x f$, avec $\lambda \in \mathbb{K}$. De plus, pour toute primitive $G$ de $f$ sur $I$, $$G(x) = G(a) + \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t, \quad x \in I.$$ |
| Inégalité des accroissements finis. | Si $f$ est continue et de classe $C^1$ par morceaux sur le segment $[a, b]$ alors $$\left\lvert \int_a^b f \right\rvert \leqslant (b-a) \sup_{[a,b]} \lvert f' \rvert$$ |
| Formule d'intégration par parties. | La formule d'intégration par partie pour des fonctions de classe $C^1$ étant déjà traitée, sa généralisation au cas des fonctions continues et de classe $C^1$ par morceaux pourra être abordée en exercices. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Pour une fonction de classe $C^{n+1}$, formule de TAYLOR (à l'ordre $n$) avec reste sous forme d'intégrale. Inégalité de TAYLOR-LAGRANGE. | On soulignera la différence de nature entre la formule de TAYLOR-YOUNG (locale) et les formules de TAYLOR globales (reste intégral et inégalité de TAYLOR-LAGRANGE). |
| Formule de changement de variable. Application : intégrale d'une fonction paire ou impaire sur un segment centré en 0. L'intégrale d'une fonction périodique sur un intervalle de période est constante. | Si $\varphi$ est de classe $C^1$ sur $I$ et si $f$ est continue sur $\varphi(I)$, alors pour tous $a$ et $b$ dans $I$, $$\int_{\varphi(a)}^{\varphi(b)} f(x)\,\mathrm{d}x = \int_a^b f\big(\varphi(t)\big)\varphi'(t)\,\mathrm{d}t.$$ |
| Exemples de calcul d'intégrales et de primitives. | Pour ce qui est du calcul des primitives, le seul exposé systématique concerne les fonctions rationnelles. Il utilise la décomposition en éléments simples des fractions rationnelles. Parmi les exemples à traiter figurent la primitivisation des polynômes trigonométriques par linéarisation, l'utilisation du paramétrage rationnel de $\mathbb{U} \setminus \{-1\}$ pour ramener l'intégrale d'une fraction rationnelle en sinus et cosinus à celle d'une fonction rationnelle et le calcul des intégrales de WALLIS. |

## 6.4 Calcul approché d'intégrales

| | |
|---|---|
| Intégration numérique : étude et comparaison des méthodes des rectangles et des trapèzes. | On présentera un algorithme associé à la méthode des trapèzes (à programmer en Python) en soulignant l'intérêt des subdivisions dichotomiques. On admettra que pour une fonction de classe $C^1$, l'erreur est un $O(1/n^2)$, $n$ désignant le nombre de points de la subdivision. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## 6.5 Intégration des fonctions continues par morceaux sur un intervalle

*L'objectif de cette section est de définir, dans le cadre restreint des fonctions continues par morceaux, les notions d'intégrale convergente et d'intégrabilité sur un intervalle non compact. On soulignera l'importance du principe de comparaison pour ramener l'étude de l'intégrabilité d'une fonction à l'estimation de son comportement aux bornes de l'intervalle d'intégration.*

Il est attendu qu'à l'issue de cette section, les élèves :

- sachent établir la convergence ou la divergence d'une intégrale dans des cas standard et en particulier soient capables de comparer une fonction positive aux fonctions de référence ;
- aient mis en oeuvre les techniques d'intégration usuelles pour étudier ou calculer l'intégrale d'une fonction continue par morceaux sur un intervalle quelconque.

On évite tout excès de rigueur dans la rédaction. Ainsi, dans les calculs concrets mettant en jeu l'intégration par parties ou le changement de variable, on n'impose pas de rappeler les hypothèses de régularité des énoncés. Les fonctions considérées ici sont à valeurs dans $\mathbb{K}$, corps des nombres réels ou celui des nombres complexes.

## 6.6 Intégrales généralisées sur un intervalle de la forme $[a, +\infty[$, avec $a \in \mathbb{R}$

Intégrale généralisée (ou « impropre ») convergente : soit $f : [a, +\infty[ \to \mathbb{K}$ continue par morceaux. L'intégrale $\int_a^{+\infty} f$ est dite convergente si la fonction $x \mapsto \int_a^x f$ admet une limite dans $\mathbb{K}$ en $+\infty$.

Notation : en cas de convergence, $\lim_{x\to+\infty} \int_a^x f$ se note $\int_a^{+\infty} f$ ou $\int_a^{+\infty} f(t)\,\mathrm{d}t$, et on dit que l'intégrale est convergente en $+\infty$.

Si l'intégrale $\int_a^{+\infty} f$ est convergente et $f$ est continue, dérivation sur $[a, +\infty[$ de $x \mapsto \int_x^{+\infty} f$.

Si $f$ est continue par morceaux sur $[a, +\infty[$ et à valeurs positives, alors l'intégrale $\int_a^{+\infty} f$ converge si, et seulement si, la fonction $x \mapsto \int_a^x f$ est majorée.

Écriture $\int_a^{+\infty} f = +\infty$ en cas de divergence.

Si $f$ et $g$ sont deux fonctions continues par morceaux sur $[a, +\infty[$ telles que $0 \leqslant f \leqslant g$, alors la

Le résultat s'applique en particulier si $f(x) = \underset{x\to+\infty}{\mathrm{O}}\big(g(x)\big)$ ou si $f(x) = \underset{x\to+\infty}{\circ}\big(g(x)\big)$.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| convergence de $\int_a^{+\infty} g$ implique celle de $\int_a^{+\infty} f$.<br>Pour $\alpha \in \mathbb{R}$, nature de l'intégrale $\int_1^{+\infty} \frac{1}{t^\alpha}\,dt$.<br>Pour $\lambda \in \mathbb{R}$, nature de l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-\lambda t}\,dt$ . | Intégrale de RIEMANN. |

## 6.7 Intégrabilité sur un intervalle de la forme $[a, +\infty[$, avec $a \in \mathbb{R}$

| | |
|---|---|
| Une fonction $f : [a, +\infty[ \to \mathbb{K}$ est dite intégrable sur $[a, +\infty[$ si elle est continue par morceaux sur $[a, +\infty[$ et si $\int_a^{+\infty} \lvert f\rvert$ converge. | |
| Pour $f$ de signe constant, $\int_a^{+\infty} f$ converge si, et seulement si, $f$ est intégrable sur $[a, +\infty[$. | On utilise indifféremment les expressions « $f$ est intégrable sur $[a, +\infty[$ » et « l'intégrale $\int_a^{+\infty} f$ converge absolument ». |
| Un calcul montrant que $\int_a^{+\infty} \lvert f\rvert < +\infty$ vaut preuve d'intégrabilité. | |
| Si $f$ est intégrable sur $[a, +\infty[$, alors $\int_a^{+\infty} f$ converge. | Fonction intégrable en $+\infty$. L'étude des intégrales semi-convergentes n'est pas un objectif du programme. |
| Théorème de comparaison : pour $f$ et $g$ deux fonctions continues par morceaux sur $[a, +\infty[$, à valeurs dans $\mathbb{K}$ :<br>- si $f(x) \underset{x\to+\infty}{=} O(g(x))$, alors l'intégrabilité de $g$ sur $[a, +\infty[$ implique celle de $f$.<br>- si $\lvert f(x)\rvert \underset{x\to+\infty}{\sim} \lvert g(x)\rvert$, alors l'intégrabilité de $g$ sur $[a, +\infty[$ équivaut à celle de $f$. | Le résultat s'applique en particulier si $f(x) \underset{x\to+\infty}{=} o(g(x))$.<br>Le résultat s'applique en particulier si $f(x) \underset{x\to+\infty}{\sim} g(x)$. |

## 6.8 Intégrales généralisées sur un intervalle quelconque

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

Intégrale généralisée d'une fonction continue par morceaux sur un intervalle semi-ouvert (ou ouvert) $I$ de $\mathbb{R}$, dont les extrémités inférieure et supérieure (dans $\overline{\mathbb{R}}$) sont notées $a$ et $b$ respectivement.

Intégrale convergente en $b$, en $a$.

Écriture $\int_a^b f = +\infty$ si $f$ est à valeurs dans $\mathbb{R}^+$ et d'intégrale divergente.

Pour une fonction à valeurs dans $\mathbb{R}^+$, un calcul aboutissant à un résultat fini vaut preuve de convergence.

Si $I$ est un intervalle de $\mathbb{R}$, dont les extrémités inférieure et supérieure (dans $\overline{\mathbb{R}}$) sont notées $a$ et $b$ respectivement, linéarité de l'application

$$f \longmapsto \int_a^b f,$$

définie sur l'espace vectoriel des fonctions continue par morceaux de $I$ dans $\mathbb{K}$ dont l'intégrale converge.

Positivité dans le cas où $\mathbb{K} = \mathbb{R}$.

Relation de CHASLES.

Intégration par parties sur un intervalle quelconque :

$$\int_a^b f(t)g'(t)\,\mathrm{d}t = \big[f(t)g(t)\big]_a^b - \int_a^b f'(t)g(t)\,\mathrm{d}t.$$

Notations $\int_a^b f$, $\int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$.

$f$ est intégrable sur $I$ si, et seulement si, pour tout $c \in I$, $f$ est simultanément intégrable sur $I \cap [c, +\infty[$ et $I \cap ]-\infty, c]$ et dans ce cas

$$\int_I f = \int_{I\cap]-\infty,c]} f + \int_{I\cap[c,+\infty[} f.$$

L'existence de deux des trois termes apparaissant dans la formule justifie le calcul.

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Dans la pratique, on ne demande pas de rappeler les hypothèses de régularité de $f$ et $g$ | |
| On considère sur quelques exemples l'utilisation de la formule d'intégration par parties pour ramener l'étude de la convergence d'une l'intégrale à celle d'une intégrale absolument convergente. | |
| Formule de changement de variable dans une intégrale sur un intervalle quelconque : étant données une fonction $f$ continue sur un intervalle $I$ et une fonction $\varphi$ bijective et de classe $C^1$ d'un intervalle $J$ sur l'intervalle $I$, les intégrales $\int_I f$ et $\int_J (f \circ \varphi)\,\lvert\varphi'\rvert$ sont de même nature et sont égales en cas de convergence. | Les élèves peuvent appliquer ce résultat sans justification dans des cas de changement de variable usuels (fonctions affine, puissance, exponentielle, logarithme, …). |

## 6.9 Intégrales absolument convergentes et fonctions intégrables

| | |
|---|---|
| Intégrale absolument convergente. | |
| La convergence absolue implique la convergence. | |
| Fonction intégrable sur un intervalle $I$ : une fonction est dite intégrable sur l'intervalle $I$ si elle y est continue par morceaux et si son intégrale sur $I$ est absolument convergente. | On utilise indifféremment les expressions « $f$ est intégrable sur $[a, b[$ » et « l'intégrale $\int_a^b f$ converge absolument ». |
| | Fonction intégrable en $b$, en $a$. |
| Espace vectoriel $L^1(I, \mathbb{K})$ des fonctions intégrables de $I$ dans $\mathbb{K}$. | Pour $f$ intégrable de $I$ dans $\mathbb{K}$, notation $\int_I f$. |
| Inégalité triangulaire. | $\left\lvert\int_I f\right\rvert \leqslant \int_I \lvert f\rvert$. |
| Si $f$ est continue et intégrable sur $I$, à valeurs dans $\mathbb{R}^+$, et si $\int_I f = 0$, alors $f$ est identiquement nulle. | |
| Adaptation du théorème de comparaison en une borne quelconque. | |
| Étude de l'intégrabilité sur $]0, 1]$ des fonctions de référence usuelles : $x \mapsto x^\alpha$, avec $\alpha \in \mathbb{R}$, $x \mapsto$ | La fonction $f$ est intégrable en $a$ (resp. $b$) si, et seulement si, la fonction $t \mapsto f(a + t)$ (resp. $t \mapsto$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| $\lvert \ln x \rvert$.<br>Pour $a, b \in \mathbb{R}$ avec $a < b$, étude de l'intégrabilité de $x \mapsto \frac{1}{(x-a)^\alpha}$ sur $]a, b]$ et de $x \mapsto \frac{1}{(b-x)^\alpha}$ sur $[a, b[$, où $\alpha \in \mathbb{R}$. | $f(b-t))$ est intégrable en 0.<br>Intégrales de RIEMANN $\int_a^b \frac{1}{(x-a)^\alpha}\,dx$ et $\int_a^b \frac{1}{(b-x)^\alpha}\,dx$. |

## 6.10 Intégration des relations de comparaison

| | |
|---|---|
| Intégration des relations de comparaison, pour les intégrales partielles ou les restes : domination, négligeabilité, équivalence. | La fonction de référence est réelle de signe constant. |

# 7 Séries numériques

*L'étude des séries prolonge celle des suites. Elle permet d'illustrer la section « Développements limités, calcul asymptotique » et, à travers la notion de développement décimal de mieux appréhender les nombres réels.*

Elle est étudiée notamment pour son intérêt dans l'étude des variables aléatoires discrètes. Son objectif majeur est la maîtrise des série à termes positifs et de la convergence absolue.

## 7.1 Convergence et divergence

| | |
|---|---|
| Sommes partielles. Convergence, divergence. | $\sum_k u_k$ désigne la série de terme général $u_k$, on dit aussi série associée à la suite $(u_k)_{k\in\mathbb{N}}$. Les $u_k$ sont dans toute cette section éléments de $\mathbb{C}$. |
| Somme et restes d'une série convergente. | On note $\sum_{k=0}^{+\infty} u_k$ la somme de la série de terme général $u_k$, lorsqu'elle converge. |
| Le terme général d'une série convergente tend vers 0. Divergence grossière. | Exemples simples de séries convergentes, divergentes. |
| Séries géométriques : condition nécessaire et suffisante de convergence. Somme en cas de conver- | Si $z \in \mathbb{C}$, alors la série $\sum_{n\geqslant 0} z^n$ converge si, et seule- |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| gence. | ment si, $\lvert z\rvert < 1$, auquel cas $\sum_{n=0}^{+\infty} z^n = \frac{1}{1-z}$. |
| Espace vectoriel des séries convergentes. Linéarité de la somme.<br>Lien suite-série, séries télescopiques. | La suite $(u_n)_{n\geqslant 0}$ et la série télescopique $\sum_{k\geqslant 0}(u_k - u_{k+1})$ sont de même nature. |

## 7.2 Cas des séries à termes positifs

| | |
|---|---|
| Une série à termes réels positifs converge si, et seulement si, la suite de ses sommes partielles est majorée. | Dans le cas où une série à termes positifs est divergente, il est pratique de convenir que sa somme est égale à $+\infty$. |
| Si la série à termes réels positifs $u_k$ converge alors la série associée à une permutation quelconque de la suite $(u_k)$ converge aussi, et les sommes sont égales. | La suite $v$ est une permutation de la suite $u$ s'il existe une bijection $\sigma$ de $\mathbb{N}$ sur $\mathbb{N}$ telle que $v_n = u_{\sigma(n)}$, pour tout entier naturel $n$. |
| Théorèmes de comparaison pour les séries à termes positifs : comparaison terme à terme, comparaison logarithmique, règle de D'ALEMBERT, cas de domination, cas d'équivalence. | |
| Dans le cas d'une fonction $f$ monotone sur $\mathbb{R}^+$, encadrement des sommes partielles de la série $\sum_k f(k)$ à l'aide d'intégrales. | Application à l'étude de sommes partielles et de restes. |
| Séries de Riemann. | |
| Comparaison de l'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t)\,\mathrm{d}t$ et de la série $\sum_{n\geqslant 0} f(n)$ pour une fonction $f : [0,+\infty[ \to \mathbb{R}$ positive, continue par morceaux et décroissante. | L'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t)\,\mathrm{d}t$ et la série $\sum_{n\geqslant 0} f(n)$ sont de même nature. |
| Les élèves doivent savoir utiliser la comparaison série-intégrale pour établir des convergences et des divergences de séries, estimer des sommes par- | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| tielles de séries divergentes ou des restes de séries convergentes, notamment dans le cas d'une fonction monotone. | |

## 7.3 Séries à termes quelconques

| Séries alternées, critère de LEIBNIZ | |
|---|---|
| Séries alternées, critère spécial de LEIBNIZ. Signe et majoration des restes en cas de convergence. | Les sommes partielles d'indices pairs et celles d'indices impairs forment un couple de suites adjacentes. |

| Séries absolument convergentes à termes réels ou complexes | |
|---|---|
| Convergence absolue d'une série. | |
| La convergence absolue d'une série $\sum_k u_k$ implique sa convergence, la réciproque est fausse. | La convergence de $\sum_k u_k$ est établie à partir de la convergence des 4 séries à termes positifs suivantes : $\sum_k \mathrm{Re}(u_k)^+$, $\sum_k \mathrm{Re}(u_k)^-$, $\sum_k \mathrm{Im}(u_k)^+$, $\sum_k \mathrm{Im}(u_k)^-$ où l'on a posé $x^+ = \max(x,0)$ et $x^- = \max(-x,0)$ pour $x \in \mathbb{R}$. |
| Inégalité triangulaire. | Si la séries $\sum_k u_k$ est absolument convergente, alors $\left\lvert \sum_{k=0}^{+\infty} u_k \right\rvert \leqslant \sum_{k=0}^{+\infty} \lvert u_k \rvert$. |
| Pour tout complexe $z$, la série $\sum_{n\geqslant 0} \frac{z^n}{n!}$ est absolument convergente. Elle est donc convergente. | Relation $e^z = \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{z^n}{n!}$. |
| Une permutation des $u_k$ ne modifie pas la propriété de convergence absolue, ni la somme d'une série absolument convergente. | Résultat admis. |
| Si $(u_n)_n$ est une suite complexe et $(v_n)_n$ est une suite de réels positifs telles que $u_n = O(v_n)$, alors la convergence de $\sum_n v_n$ entraîne la convergence absolue de $\sum_n u_n$, donc aussi sa convergence. | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| Sommation des relations de comparaison : domination, négligeabilité, équivalence, dans les cas convergent et divergent. | La suite de référence est positive. |
| Exemples d'utilisation de la formule de sommation par parties pour ramener l'étude de la convergence d'une série non absolument convergente à celle d'une série absolument convergente. | Formule de sommation par parties : $(a_0 - a_1)b_1 + (a_1 - a_2)b_2 + \cdots + (a_{n-1} - a_n)b_n = a_0b_1 - a_1(b_1 - b_2) - \cdots - a_{n-1}(b_{n-1} - b_n) - a_nb_n$. |
| Développement décimal d'un nombre réel. Existence et unicité du développement décimal propre d'un réel. | Pour tout réel $x$ strictement positif, il existe une suite $(a_n)$ à valeurs dans $\{0, 1, \ldots, 9\}$ telle que $x = \lfloor x \rfloor + \sum_{n=1}^{\infty} a_n 10^{-n}$, où $\lfloor x \rfloor$ est la partie entière de $x$. La suite des décimales $(a_n)$ est uniquement déterminée si $x$ n'est pas décimal. Développement décimal propre d'un nombre décimal. |
| Exemple de recherche de valeurs approchées de la somme d'une série convergente. | Pour trouver une valeur approchée de la somme d'une série convergente, il peut être utile d'encadrer son reste. Pour cela, on pourra exploiter la comparaison d'une série à une intégrale, le résultat concernant le reste d'une série alternée, … |

## 8 Fonctions de deux variables

*Le but de cette section, dont le contenu sera entièrement repris dans un cadre plus général en deuxième année, est de familiariser les élèves avec les fonctions à valeurs dans $\mathbb{R}^2$, les arcs paramétrés plans et les calculs sur les dérivées partielles, notamment avec la « règle de la chaîne », et de développer une vision géométrique de ces objets. Le point de vue est donc essentiellement pratique. La notion de continuité d'une fonction est introduite mais son étude n'est pas un objectif du programme. Toute extension et tout développement théorique supplémentaire sont hors programme.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

## 8.1 Fonctions d'une variable réelle à valeurs dans $\mathbb{R}^2$

*Les fonctions étudiées ici sont définies sur un intervalle de $\mathbb{R}$, non vide et non réduit à un point, et à valeurs dans $\mathbb{R}^2$. L'étude de ces fonctions consolide et prolonge celle des fonctions réelles de la variable réelle. Elle permet de préciser les notions de tangente, de vitesse instantanée et d'accélération, et d'illustrer les développements limités et le calcul asymptotique. Ces notions ayant déjà été abordées pour les fonctions réelles, le professeur a la liberté d'admettre certains résultats sans démonstrations pour gagner du temps. Le point de vue est essentiellement pratique.*

| | |
|---|---|
| Dérivabilité en un point, dérivabilité à droite, à gauche. Dérivabilité sur un intervalle, fonction dérivée. Caractérisation à l'aide des fonctions coordonnées. | On utilisera les fonctions coordonnées pour l'étude de la dérivabilité d'une telle fonction. |
| La dérivée de $f$ se note $f'$ ou $Df$ ou $\dfrac{df}{dx}$. Interprétation cinématique et graphique de la dérivée, vitesse instantanée. | |
| Combinaison linéaire de fonctions dérivables, linéarité de la dérivation. | Pour $f$ et $g$ dérivable sur $I$ à valeurs dans $\mathbb{R}^2$, $(\lambda.f+g)' = \lambda.f' + g'$. |
| Dérivabilité et dérivée d'une application de la forme $L \circ f$, où $L$ est un endomorphisme de $\mathbb{R}^2$. | Pour $f$ dérivable sur $I$ à valeurs dans $\mathbb{R}^2$, $(L \circ f)' = L \circ f'$. |
| Dérivabilité et dérivée d'une application de la forme : $B(f,g) : t \longmapsto B(f(t), g(t))$, où $B$ est une application bilinéaire sur de $\mathbb{R}^2$. Cas du produit scalaire canonique et du carré de la norme associée. | Expressions des dérivées des fonctions $t \longmapsto (f(t)\|g(t))$ et $t \longmapsto \|f(t)\|^2$, où $(\ \|\ )$ désigne le produit scalaire canonique de $\mathbb{R}^2$ et $\|\ \|$ la norme associée, $f$ et $g$ étant des fonctions dérivables sur $I$ à valeurs dans $\mathbb{R}^2$. |
| Dérivabilité et dérivée de $f \circ \varphi$, où $\varphi$ est une fonction réelle de variable réelle et $f$ fonction d'une variable réelle à valeurs dans $\mathbb{R}^2$. | $(f \circ \varphi)' = \varphi'.(f' \circ \varphi)$. |
| Définition d'une application $n$ fois dérivable sur un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ et à valeurs dans $\mathbb{R}^2$, avec $n \in \mathbb{N}^*$, d'une application de classe $C^n$ sur $I$. | La dérivée $n$-ième d'une fonction $f$ se note $f^{(n)}$ ou $D^n f$ ou $\dfrac{d^n f}{dx^n}$. Interprétation cinématique de la |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Opérations algébriques sur les applications $n$ fois dérivable, de classe $C^n$. | dérivée seconde, accélération. |
| Dérivée $n$-ième d'une application de la forme $B(f,g) : t \longmapsto B(f(t),g(t))$, où $B$ est une application bilinéaire sur de $\mathbb{R}^2$. Expression de la dérivée $n$-ième de $B(f,g)$ : formule de Leibniz. | Espace vectoriel $\mathcal{D}^n(I,\mathbb{R}^2)$ (resp. $C^n(I,\mathbb{R}^2)$) des applications $n$ fois dérivables (resp. de classe $C^n$) de $I$ dans $\mathbb{R}^2$. Si $f$ et $g$ sont $n$ fois dérivables (resp. de classe $C^n$) alors $B(f,g)$ l'est aussi et on a : $\big(B(f,g)\big)^{(n)}(t) = \sum_{p=0}^{n} \binom{n}{p} B\big(f^{(p)}(t), g^{(n-p)}(t)\big)$, $t \in I$. |
| La composée $f \circ \varphi$ d'une application $f : I \to \mathbb{R}^2$ de classe $C^k$ sur $I$ et d'une application $\varphi$ de classe $C^k$ sur un intervalle $J$ de $\mathbb{R}$ à valeurs dans $I$ est de classe $C^k$ sur $J$. | |
| Développement limité à l'ordre $n \in \mathbb{N}$ au voisinage d'un point. Unicité, opérations sur les développements limités. Existence d'un développement limité à l'ordre $n$ pour une fonction de classe $C^n$ : formule de Taylor-Young. | |

## 8.2 Notions sur les arcs paramétrés plans

*L'étude des arcs paramétrés dans $\mathbb{R}^2$ met en application les notions vues dans la section précédente. Elle est menée notamment pour les besoins des autres disciples scientifiques enseignées en* Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE). *Il est attendu qu'à l'issue de ce paragraphe, les élèves puissent mener, sur des exemples simples, l'étude d'un arc paramétré plan.*

| | |
|---|---|
| Arc paramétré de classe $C^k$, $k \in \mathbb{N}^*$, dans $\mathbb{R}^2$. Arc simple, support de l'arc (ou courbe associée). | On appelle chemin ou arc paramétrée de classe $C^k$ dans $\mathbb{R}^2$ une application $\gamma$ de classe $C^k$ d'un intervalle $I$ de $\mathbb{R}$ dans $\mathbb{R}^2$. Un tel chemin est dit simple si $\gamma$ est injective. Le support de l'arc est l'image $\gamma(I)$ de l'arc $\gamma$ (ou trajectoire du mouvement $\gamma$. |
| Paramètre ou point régulier, arc régulier. Para- | Interprétation cinématique : mouvement d'un |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

| | |
|---|---|
| mètre ou point singulier. Point birégulier. Tangente en un point associé à un paramètre régulier. Normale à un arc paramétré plan en un point associé à un paramètre régulier. | point mobile dans le plan, vitesse, accélération. |
| Étude locale : allure d'un arc paramétré en un point birégulier. Étude analogue en un point régulier ou singulier. | Dans cette étude on met en évidence l'utilisation des développements limités et du calcul asymptotique. On décrit les allures possibles d'une courbe en un point régulier ou singulier à partir d'exemples. |
| Exemples simples d'arcs paramétrés plans. | La pratique du tracé des arcs paramétrés n'est pas un objectif du programme. Les tracés pourront être réalisés à l'aide de l'outil informatique Python. |

## 8.3 Fonctions de deux variables

| Ouverts de $\mathbb{R}^2$, fonctions continues | |
|---|---|
| Boules de $\mathbb{R}^2$ muni de la norme euclidienne canonique, notée $\|\ \|$. Ouverts de $\mathbb{R}^2$. Exemples et propriétés. | Boule ouverte, fermé ; représentation graphique. |
| Continuité d'une fonction définie sur un ouvert de $\mathbb{R}^2$, à valeurs dans $\mathbb{R}$. | Représentation graphique d'une fonction réelle de deux variables par une surface. La notion de continuité est introduite uniquement en vue du calcul différentiel. |
| **Dérivées partielles** | |
| Dérivées partielles en un point $(x_0, y_0)$ d'une fonction $f$ définie sur un ouvert de $\mathbb{R}^2$, à valeurs réelles. | Notations $\frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)$, $\frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)$. L'existence des dérivées partielles n'entraîne pas la continuité. |
| Fonction de classe $C^1$ sur un ouvert sur un ouvert de $\mathbb{R}^2$. | Définition par la continuité des dérivées partielles. La notion de fonction différentiable est hors programme. |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Dérivée de $f$ au point $(x_0, y_0)$ selon un vecteur non nul $v$. | Notations $D_v f(x_0, y_0)$, $D_v f$. |
| Développement limité à l'ordre 1 au point $(x_0, y_0)$ d'une fonction $f$ de classe $C^1$ sur un ouvert sur un ouvert de $\mathbb{R}^2$ : $f(x_0 + h, y_0 + k) = f(x_0, y_0) + \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)h + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)k + \circ(\|(h, k)\|)$. | On mettra en évidence l'idée de l'approximation linéaire de $f(x, y) - f(x_0, y_0)$ et l'interprétation du terme $z - z_0 = \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)(x - x_0) + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)(y - y_0)$ comme équation du plan tangent en $(x_0, y_0)$ à la surface d'équation $z = f(x, y)$. |
| Gradient d'une fonction de classe $C^1$. | Notation $\nabla f(x_0, y_0)$. |
| Expression de la dérivée de $f$ au point $(x_0, y_0)$ selon un vecteur non nul $v$ à l'aide de son gradient en $(x_0, y_0)$. | $D_v f(x_0, y_0) = (\nabla f(x_0, y_0)\|v)$. |
| Expression du développement limité à l'aide du gradient : $f(x_0 + h, y_0 + k) = f(x_0, y_0) + (\nabla f(x_0, y_0)\|(h, k)) + \circ(\|(h, k)\|)$ | Interprétation géométrique du gradient : si $\nabla f(x_0, y_0) \neq 0$, il est colinéaire et de même sens que le vecteur unitaire selon lequel la dérivée de $f$ en $a$ est maximale (il pointe la direction selon laquelle la variation de $f$ est maximale, dite direction de la plus grande pente de $f$). |
| **Dérivées partielles et composées** | |
| Règle de la chaîne (chain rule) : les fonctions considérées étant de classe $C^1$, la fonction $g : t \longmapsto f(x(t), y(t))$ est de classe $C^1$ et on a $g'(t) = \frac{\partial f}{\partial x}(x(t), y(t))x'(t) + \frac{\partial f}{\partial y}(x(t), y(t))y'(t)$. | Interprétation comme dérivée de $f$ le long de l'arc $\gamma : t \longmapsto \gamma(t) = (x(t), y(t))$ et expression à l'aide du gradient : $(f \circ \gamma)'(t) = (\nabla f(\gamma(t))\|\gamma'(t))$. |
| Sous les hypothèses appropriées, dérivées partielles de la fonction $(u, v) \longmapsto f(\varphi(u, v), \psi(u, v))$. | En particulier, le gradient de $f$ est orthogonal aux lignes de niveau de $f$. |
| **Extrémums** | |
| Maximum et minimum, local ou global d'une fonc- | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| tion définie sur une partie de $\mathbb{R}^2$.<br>Point critique. Tout extremum local d'une fonction de classe $C^1$ sur un ouvert de $\mathbb{R}^2$ est un point critique. | Exemples d'étude de points critiques. |

# 9 Dénombrement et probabilités

## 9.1 Dénombrement

*Dans cette section, il s'agit d'une brève initiation aux techniques élémentaires de la combinatoire. L'objectif est de consolider les acquis du secondaire. On introduit sans formalisation excessive la notion de cardinal et on peut admettre sans démonstration les propriétés les plus intuitives.*

*L'utilisation systématique de bijections dans les problèmes de dénombrement n'est pas un attendu du programme.*

| | |
|---|---|
| Cardinal d'un ensemble fini. | Notations $\|\|A\|\|$, $\mathrm{card}(A)$, $\#A$. Tout fondement théorique des notions d'entier naturel et de cardinal est hors programme. |
| Cardinal d'une partie d'un ensemble fini, cas d'égalité. Une application entre deux ensembles finis de même cardinal est bijective si, et seulement si, elle est injective, si, et seulement si, elle est surjective. | |
| Cardinal de la réunion disjointe ou quelconque de deux ensembles finis, cardinal de leur différence. Cardinal du complémentaire d'un ensemble fini. Cardinal d'un produit fini d'ensembles finis. | La formule du crible est hors programme. |
| Cardinal de l'ensemble des applications d'un ensemble fini dans un autre. Cardinal de l'ensemble des parties d'un ensemble fini. | |
| Nombre de $p$-listes (ou $p$-uplets) d'éléments distincts d'un ensemble de cardinal $n$, nombre d'applications injectives d'un ensemble de cardinal $p$ | |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| dans un ensemble de cardinal $n$, nombre de permutations d'un ensemble de cardinal $n$.<br>Nombre de parties à $p$ éléments (ou $p$-combinaisons) d'un ensemble de cardinal $n$. | Démonstrations combinatoires des formules de PASCAL et du binôme. |

## 9.2 Probabilité sur un univers fini

*L'objectif de cette première approche est de mettre en place un cadre simplifié mais formalisé dans lequel on puisse mener des calculs de probabilités sans difficultés techniques majeures. Les situations et les concepts utilisés sont nécessairement simples, ne faisant appel qu'aux opérations logiques et arithmétiques élémentaires.*

*Dans ce cadre, l'étude préalable du cas fini permettra de consolider les acquis de la classe terminale du secondaire qualifiant, et de mettre en place les concepts probabilistes de base en restreignant l'étude à un univers $\Omega$ fini, muni de la tribu $\mathcal{P}(\Omega)$.*

*Cette section a pour objectifs de :*

- *revoir et consolider les connaissances relatives aux probabilités sur un univers fini et aux variables aléatoires définies sur un tel univers ;*
- *donner des outils permettant de modéliser et d'aborder, sur des exemples simples, l'étude des situations concrètes où le hasard intervient ;*
- *présenter les premières notions relatives aux variables aléatoires finies.*

*Les définitions sont motivées par la notion d'expérience aléatoire. La modélisation de situations aléatoires simples fait partie des capacités attendues des élèves.*

*Cette partie s'appuie sur la section consacrée au dénombrement et elle a vocation à interagir avec l'ensemble du programme. Elle se prête également à des activités de modélisation de situations issues de la vie courante ou d'autres disciplines. On pourra faire travailler les élèves sur des marches aléatoires ou des chaînes de MARKOV en temps fini, sur des permutations aléatoires (loi uniforme sur $S_n$), des graphes aléatoires, des inégalités de concentration etc.*

*L'utilisation de l'outil informatique est fortement recommandée pour illustrer les situations probabilistes, pour simuler des variables aléatoires et expérimenter sur des problèmes réels correctement modélisés.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

## 9.3 Espace probabilisable fini

| | |
|---|---|
| Expérience aléatoire. Issues (ou résultats observables) d'une expérience aléatoire. | Proposer des situations simples et concrètes où le hasard intervient, proposer une modélisation mathématique. |
| L'ensemble des issues d'une expérience aléatoire est appelé univers et noté $\Omega$. | |
| Dans toute la section, $\Omega$ est un ensemble fini non vide et on appelle événement tout sous-ensemble de $\Omega$. | |
| L'ensemble des issues est $\Omega$, l'ensemble des événements est $\mathcal{P}(\Omega)$. Le couple $(\Omega, \mathcal{P}(\Omega))$ s'appelle espace probabilisable. | Un événement est à priori une assertion dont la véracité dépend du résultat de l'expérience. Les issues (ou aléas) qui la rendent vraie forment un sous ensemble de $\Omega$, qu'on peut identifier à l'événement. |
| Opérations sur les événements : événement contraire $\overline{A}$, événement $A$ et $B$, événement $A$ ou $B$, événement certain, événement impossible. | Lien avec les connecteurs logiques : le contraire d'un événement est au niveau logique sa négation et au niveau ensembliste son complémentaire. La conjonction d'événements correspond au connecteur logique « et » ainsi qu'à l'opération ensembliste $\cap$. Pour la disjonction c'est « ou » et $\cup$. |
| Des événements sont dits incompatibles quand ils ne peuvent se réaliser simultanément. | Pour deux événements $A$ et $B$, cela signifie que $A \cap B = \emptyset$. Pour une famille de plus de 2 événements, distinguer « incompatibles » de « incompatibles deux à deux ». |
| Système complet d'événements : famille de sous ensembles deux à deux incompatibles et dont la réunion est $\Omega$. | Une famille $(A_i)_{i\in I}$, où $I$ est une partie finie de $\mathbb{N}$, est un système complet d'événements si elle vérifie les deux conditions suivantes : $\begin{cases} \forall (i,j) \in I^2,\ i \neq j \Longrightarrow A_i \cap A_j = \emptyset, \\ \bigcup_{i\in I} A_i = \Omega. \end{cases}$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités

## 9.4 Espace probabilisé fini

| | |
|---|---|
| Une probabilité sur l'espace probabilisable $(\Omega, \mathcal{P}(\Omega))$ (avec $\Omega$ fini) est une application $\mathbf{P}$ de $\mathcal{P}(\Omega)$ vers $[0,1]$ qui est additive et vérifie $\mathbf{P}(\Omega) = 1$. Le triplet $(\Omega, \mathcal{P}(\Omega), \mathbf{P})$ est appelé espace probabilisé. | La probabilité d'un événement $A$ est le taux de chance de voir $A$ se réaliser. L'additivité signifie : pour tous $A$ et $B$ incompatibles de $P(\Omega)$, $\mathbf{P}(A \cup B) = \mathbf{P}(A) + \mathbf{P}(B)$. |
| | On en déduit que $\mathbf{P}(\cup_{i=1}^{n} A_i) = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{P}(A_i)$ pour toute famille $A_1, A_2, \ldots, A_n$ d'événements incompatibles deux à deux. |
| Une probabilité est déterminée par la famille $(\mathbf{P}(\{w\}))_{w\in\Omega}$, famille finie de réels positifs ayant pour somme 1. On a $\mathbf{P}(A) = \sum_{a\in A} \mathbf{P}(\{a\})$. | Cas de l'équiprobabilité. |
| Formule du crible de Poincaré. | Pour la formule de Poincaré, on peut se limiter au cas de deux ou trois événements. |

## 9.5 Probabilité conditionnelle, indépendance

*On tâchera de donner de nombreux exemples d'utilisation des formules de ce paragraphe.*

| | |
|---|---|
| Si $B$ est un événement de probabilité $\mathbf{P}(B) > 0$, la probabilité conditionnelle de $A$ sachant $B$ est définie par : $\mathbf{P}_B(A) = \mathbf{P}(A \cap B)/\mathbf{P}(B)$. | Illustrer cette notion par des situations de la vie courante |
| La notation $\mathbf{P}(A \| B)$ est utilisée parfois à la place de $\mathbf{P}_B(A)$. | |
| L'application $\mathbf{P}_B$ est une probabilité sur $\mathcal{P}(\Omega)$. | |
| Formule des probabilités composées. | Si $\mathbf{P}\left(\bigcap_{i=1}^{n-1} A_i\right) \neq 0$, alors $\mathbf{P}\left(\bigcap_{i=1}^{n} A_i\right) = \mathbf{P}(A_1)\,\mathbf{P}_{A_1}(A_2)\cdots\mathbf{P}_{\bigcap_{i=1}^{n-1} A_i}(A_n)$ |

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

| | |
|---|---|
| Formule des probabilités totales : si $(A_i)_{1\leqslant i\leqslant n}$ est un système complet d'événements, alors pour tout événement $B$ on a $\mathbf{P}(B) = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{P}(B \cap A_i)$. | Éliminant les $A_i$ de probabilité 0, c'est aussi $\sum_i \mathbf{P}(A_i)\,\mathbf{P}_{A_i}(B)$. |
| Formule de Bayes : $$\mathbf{P}_B(A_j) = \frac{\mathbf{P}_{A_j}(B)\,\mathbf{P}(A_j)}{\sum_i \mathbf{P}_{A_i}(B)\,\mathbf{P}(A_i)}$$ | $A_1, \dots, A_n$ est un système complet d'événements de probabilités non nulles et on suppose $\mathbf{P}(B) \neq 0$. |
| Indépendance de deux événements. | Si $\mathbf{P}(B) > 0$, l'indépendance de $A$ et$B$ s'écrit $\mathbf{P}_B(A) = \mathbf{P}(A)$. Cette notion est relative à la probabilité. |
| Indépendance mutuelle d'événements. | Les événements $A_1, \dots, A_n$ sont dits (mutuellement) indépendants si, pour toute partie $J$ de $[\![1, n]\!]$, $$\mathbf{P}\Big(\bigcap_{i\in J} A_i\Big) = \prod_{i\in J} \mathbf{P}(A_i).$$ |
| Si $n$ événements $A_1, \dots, A_n$ sont mutuellement indépendants, il en est de même pour les événements $B_i$, avec $B_i = A_i$ ou $\overline{A_i}$. | Noter que l'indépendance des $A_j$ implique l'indépendance deux à deux et que la réciproque est fausse. |

## 9.6 Variables aléatoires réelles

*On introduit ici la notion de variable aléatoire réelle définie sur un univers fini. Ces variables aléatoires sont alors à valeurs dans un ensemble fini, ce qui simplifie les démonstrations des formules.*

Objectifs généraux de formation
Organisation du programme
Première période
Éléments de logique
Réels et complexes
Suites numériques
Fonctions de la variable réelle
Introduction à l'algèbre
Polynômes et fractions rationnelles
Deuxième période
Développements limités
Espaces vectoriels
Matrices
Groupe symétrique et déterminants
Espaces préhilbertiens réels
Intégration sur un segment
Séries numériques
Fonctions de deux variables
Dénombrement et probabilités
Table des matières

## Notion de variable aléatoire

| | |
|---|---|
| On appelle variable aléatoire réelle toute application $X$ de $\Omega$ vers $\mathbb{R}$. | Par abus, on écrit $\{X \in H\}$ ou $(X \in H)$ ou $[X \in H]$ à la place de $X^{-1}(H) = \{\omega \in \Omega,\ X(\omega) \in H\}$. On adoptera aussi les notations habituelles telles que $[X = x]$, $[X \leqslant x]$ ou $(X = x)$, $(X \leqslant x)$ ou $\{X = x\}$, $\{X \leqslant x\}$. |
| Système complet associé à une variable aléatoire. | |
| Loi $\mathbf{P}_X$ de la variable aléatoire $X$. La donnée de $X(\Omega)$ et des probabilités correspondantes constitue la loi de $X$ dans le cas fini. | $\mathbf{P}_X$ est la probabilité sur $\big(X(\Omega), \mathcal{P}(X(\Omega))\big)$ définie par $\mathbf{P}_X(A) = \mathbf{P}(\{X \in A\})$. Elle est déterminée par la donnée des $\mathbf{P}(\{X = x\})$, pour tout $x$ élément de $X(\Omega)$. |
| Fonction de répartition $F_X$ associée à la variable aléatoire $X$, définie par $F_X : x \in \mathbb{R} \longmapsto \mathbf{P}(\{X \leqslant x\})$. Propriétés d'une fonction de répartition pour $\Omega$ fini. | C'est une fonction en escalier sur $\mathbb{R}$. Les sauts de cette fonction caractérisent l'image $X(\Omega)$ ainsi que les probabilités $\mathbf{P}(\{X = x\})$ pour $x \in X(\Omega)$. La fonction de répartition caractérise la loi. |
| Somme de deux variables aléatoires. Variable aléatoire $Y = f(X)$, composée d'une variable aléatoire réelle $X$ par une fonction $f$, définie sur un domaine contenant $X(\Omega)$. | On écrit $f(X)$ au lieu de $f \circ X$ et on se limitera à des cas simples, tels que $f(x) = ax + b$, $f(x) = x^2$... |

## Espérance et variance d'une variable aléatoire

| | |
|---|---|
| L'espérance de $X$ est $$\mathbf{E}(X) = \sum_{x \in X(\Omega)} x\ \mathbf{P}(\{X = x\}) \qquad (*)$$ | C'est une moyenne pondérés des valeurs de $X$. On a aussi : $\mathbf{E}(X) = \sum_{\omega \in \Omega} X(\omega)\ \mathbf{P}(\{\omega\})$. $(**)$ |
| Propriétés de $\mathbf{E}$ : positivité, linéarité, croissance. | $\mathbf{E}(aX + bY) = a\,\mathbf{E}(X) + b\,\mathbf{E}(Y)$. Utiliser $(**)$ pour les démonstrations. |
| Théorème de transfert : espérance de $f(X)$. Cas d'une transformation affine : $\mathbf{E}(aX + b) = a\,\mathbf{E}(X) + b$. | $$\mathbf{E}(f(X)) = \sum_{x \in X(\Omega)} f(x)\ \mathbf{P}(\{X = x\}) = \sum_{\omega \in \Omega} f\big(X(\omega)\big)\ \mathbf{P}(\{\omega\})$$ |
| Espérance d'un produit de deux variables aléatoires indépendantes. | Si $X$ et $Y$ sont deux variables aléatoires indépendantes, alors $\mathbf{E}(XY) = \mathbf{E}(X)\,\mathbf{E}(Y)$. |

| | |
|---|---|
| Une variable aléatoire d'espérance nulle est dite centrée. | On note $\widetilde{X}$ la variable centrée $X - \mathbf{E}(X)$. |
| La variance de $X$ est $\mathbf{V}(X) = \mathbf{E}((X-m)^2)$ où $m = \mathbf{E}(X)$. L'écart-type de $X$ est $\sigma(X) = \sqrt{\mathbf{V}(X)}$. | Formule de KŒNIG-HYUGENS : $$\mathbf{V}(X) = \mathbf{E}(X^2) - (\mathbf{E}(X))^2.$$ |
| Une variable aléatoire d'espérance nulle et de variance 1 est dite centrée réduite. | On note $X^*$ la variable aléatoire centrée réduite $\frac{X-\mathbf{E}(X)}{\sigma(X)}$ lorsque $\sigma(X) \neq 0$. |
| Transformation affine | $\mathbf{V}(aX+b) = a^2\,\mathbf{V}(X)$. |
| **Variables aléatoires de lois usuelles** | |
| Loi certaine. | |
| Loi de BERNOULLI de paramètre $p$, $p \in [0,1]$. Espérance, variance. Lien entre variable aléatoire de BERNOULLI et indicatrice d'un événement. Interprétation : épreuve aléatoire à deux issues, succès avec probabilité $p$ vs échec avec probabilité $q = 1-p$. | Notation $X \hookrightarrow \mathcal{B}(p)$. |
| Loi binomiale de paramètres $n, p$, $n \in \mathbb{N}^*$ et $p \in [0,1]$. Espérance, variance. | Notation : $X \hookrightarrow \mathcal{B}(n,p)$. |
| Interprétation : nombre de succès lors de $n$ répétitions indépendantes d'une épreuve de BERNOULLI. On fera le lien avec la formule du binôme de NEWTON et les propriétés des coefficients binomiaux. | |
| Loi uniforme sur un segment d'entiers $[\![m,n]\!]$. Espérance, variance. | Application, à l'étude de la loi uniforme sur $[\![a,b]\!]$, où $(a,b) \in \mathbb{Z}^2$. Notation $X \hookrightarrow \mathcal{U}([\![a,b]\!])$. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières



# Physique

## 1 Préambule

### 1.1 Objectifs de formation en physique

La réforme du programme de physique de la classe de MPSI est rendue nécessaire par l'évolution des contextes, scientifique, technique et pédagogique sur le plan international. Elle permettra de réduire le décalage croissant entre la physique enseignée, la physique pratiquée quotidiennement et telle qu'elle se manifeste en permanence via ses applications technologiques et numériques. Elle s'inscrit aussi dans la continuité de l'esprit des programmes du secondaire qualifiant menant au baccalauréat scientifique. Il vise à préparer les élèves à la deuxième année de classe préparatoire et à apporter les connaissances fondamentales indispensables à la formation générale d'un futur, ingénieur, enseignant ou chercheur.

La physique est une science à la fois théorique et expérimentale. Elle permet de découvrir l'Univers de l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand en passant par les échelles intermédiaires de la vie de tous les jours. Son enseignement s'appuie sur une approche théorique mathématisée de la discipline et vise à élaborer des modèles, des plus simples aux plus complexes, qui seront confrontés à l'expérience. Ces deux composantes de la démarche scientifique s'enrichissent mutuellement et de façon cohérente. La formation dispensée au cours des deux années de préparation doit ainsi, dans une approche équilibrée entre théorie et expérience, apporter à l'élève les outils conceptuels et méthodologiques pour lui permettre de comprendre le monde naturel et technique qui l'entoure et de faire l'analyse critique des phénomènes étudiés. Les méthodes utilisées doivent encourager l'élève à devenir graduellement acteur de sa formation, qu'il comprenne mieux l'impact de la science et que, plus assuré dans ses connaissances, il soit préparé à poursuivre son cursus d'études dans les grandes écoles.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

La démarche de modélisation occupe également une place centrale dans le programme pour former les élèves à établir, de manière autonome, un lien fait d'allers - retours entre le « monde » des objets, des expériences, des faits, et celui des modèles et des théories. L'enseignant doit rechercher un point d'équilibre entre des approches complémentaires : conceptuelle et expérimentale, abstraite et concrète, théorique et appliquée, inductive et déductive, qualitative et quantitative. La construction d'un modèle passe aussi par l'utilisation maîtrisée des mathématiques dont un des fondateurs de la physique expérimentale, GALILÉE, énonçait déjà qu'elles sont les langages dans lesquels est écrit le monde.

L'enseignement de physique est renforcé par une réhabilitation de la formation expérimentale des élèves à travers les travaux pratiques (TP) et les expériences de cours.

L'enseignement de la physique est enrichi par l'introduction *d'activités numériques* qui permettront d'aborder de nombreux champs de la discipline. L'introduction **d'activités numériques** dans le programme prend en compte la place nouvelle des sciences numériques dans la formation des scientifiques notamment dans le domaine de la simulation. Elles offrent aux élèves la possibilité :

- d'effectuer une modélisation avancée du monde réel, par exemple par la prise en compte d'effets non linéaires ;
- de réaliser un programme complet structuré allant de la prise en compte de données expérimentales à la mise en forme des résultats permettant de résoudre un problème scientifique donné ;
- d'étudier l'effet d'une variation des paramètres sur le temps de calcul, sur la précision des résultats, sur la forme des solutions pour des programmes d'ingénierie numérique choisis ;
- d'utiliser les fonctions de l'environnement logiciel pour résoudre un problème scientifique mis en équation lors des enseignements de physique ;
- d'utiliser les fonctions de l'environnement logiciel pour afficher les résultats sous forme graphique ;
- de tenir compte des aspects pratiques comme l'impact des erreurs d'arrondi sur les résultats, le temps de calcul ou le stockage en mémoire.

Pour certains thèmes, les *activités numériques* à développer sont explicitement signalées en *caractères italiques* dans la colonne des commentaires du tableau des contenus thématiques. Deux *activités numériques* sont associées au thème *Mesures et incertitudes*. Elles définissent des savoir-

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

faire numériques exigibles. Une simulation informatique en langage Python est requise. Dans ce cas, le professeur mettra à la disposition de ses élèves, un exemple de programme informatique écrit dans ce langage de programmation familier à l'élève en cours d'informatique. Les outils numériques développés pourront être largement appliqués lors des différentes activités d'enseignement et particulièrement lors des évaluations écrites et orales réalisées en classe.

Avec un code préalablement écrit, le professeur et l'élève pourront mettre en œuvre les outils numériques :

- avant une activité pour la préparer : estimer une incertitude, ajuster des valeurs expérimentales, comparer des prévisions théoriques et des observations expérimentales, prolonger informatiquement l'expérience, préparer un exercice, réaliser une illustration (calcul, courbe, animation…) ;
- pendant l'activité : faire un exercice, présenter une illustration… ;
- après l'activité : rédiger un compte-rendu.

En plus des activités exigibles, on pourra utiliser l'outil informatique à chaque fois que celui-ci est susceptible d'apporter un gain de temps ou une meilleure illustration des enseignements. C'est ainsi qu'on pourra faire appel, selon les circonstances, à des logiciels de calcul formel et de représentation graphique, ou à des banques de données.

L'esprit de la démarche scientifique adoptée dans l'exécution du programme de physique, empreinte de rigueur et de sens critique permanent, doit permettre à l'élève, sur toute question du programme :

- de communiquer l'essentiel des résultats sous forme claire et concise, tant à l'oral qu'à l'écrit ;
- d'en analyser le caractère de pertinence : modèle utilisé, limites du modèle, influence des paramètres, homogénéité des formules, symétries, interprétation des cas limites, ordres de grandeur et précision ;
- d'en rechercher l'impact pratique ;
- de devenir graduellement acteur de sa formation, qu'il comprenne mieux l'impact de la science et que, plus assuré dans ses connaissances, il soit préparé à poursuivre son cursus d'études dans les grandes écoles.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 1.2 Repères pour l'enseignant

Lors de la mise en application du programme et dans le cadre de la liberté pédagogique, l'enseignant organise son enseignement en respectant les principes directeurs suivants :

- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- adopter une progressivité dans la difficulté des exercices de travaux dirigés permettant ainsi aux élèves l'assimilation, l'entraînement et l'approfondissement ;
- permettre et encadrer l'expression par les élèves de leurs conceptions initiales ;
- valoriser l'approche expérimentale ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des synthèses pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les appliquer dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements, notamment les mathématiques, les génies, électrique et mécanique, et l'informatique, commun à tous les élèves de la voie MPSI ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie et l'initiative des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe.

## 1.3 Communication à l'écrit et à l'oral

La phase de mise au point d'un raisonnement et de rédaction d'une solution permet à l'élève de développer les savoirs et les savoir-faire d'expression écrite. La qualité de la rédaction et de la présentation, ainsi que la clarté et la précision des raisonnements, constituent des objectifs très importants. La qualité de structuration des échanges entre le professeur et sa classe, entre le professeur et chacun de ses élèves, entre les élèves eux-mêmes, doit également contribuer à développer des savoirs et les savoir-faire de communication (écoute et expression orale) à travers la formulation d'une question, d'une réponse, d'une idée, d'hypothèses, l'argumentation de solutions ou l'exposé de démonstrations. Les travaux individuels ou en petits groupes proposés aux élèves en dehors du temps d'enseignement, au lycée ou à la maison, (interrogations orales, devoirs libres, comptes rendus de travaux pratiques ou de travaux dirigés ou d'interrogations orales) contribuent fortement à développer la communication à l'écrit et à l'oral. La communication utilise des moyens

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

diversifiés : les élèves doivent être capables de présenter un travail clair et soigné, à l'écrit ou à l'oral, au tableau ou à l'aide d'un dispositif de projection.

## 1.4 Évaluation des élèves

L'évaluation des apprentissages en classes préparatoires se définit comme une démarche de collecte d'informations conduisant à un jugement sur la valeur du travail et du résultat d'un élève, par rapport aux objectifs d'une activité d'enseignement, en vue de prendre une décision quant au cheminement ultérieur de l'apprenant. C'est un acte pédagogique ; formatif et sommatif. Elle vise à mesurer le degré de maîtrise des savoirs et savoir-faire tels que définis par le programme et le niveau d'autonomie et d'initiative des élèves. L'élaboration d'une situation d'évaluation prévoit une progression dans les difficultés suffisamment large pour apprécier les différents niveaux des élèves. L'évaluation doit être établie en relation avec les objectifs de formation et les performances attendues des élèves.

Rappelons que la voie MPSI s'adresse aux élèves intéressés par une approche théorique des sciences fondamentales et qui désirent comprendre le fonctionnement des différents objets par l'approche expérimentale. Il va de soi que les spécificités de cette voie doivent se retrouver dans le contenu des deux approches, théorique et expérimentale, ainsi que dans l'évaluation et le contrôle des connaissances. Les pratiques d'évaluation doivent respecter l'esprit des objectifs : tester l'aptitude de l'élève moins à résoudre les équations qu'à les poser, puis à analyser les résultats, tant dans leur caractère théorique que pratique.

## 1.5 Organisation des programmes

Le programme de physique est organisé en deux parties « Formation expérimentale» et « Contenus thématiques ».

Dans la première partie, sont décrits l'organisation de la formation expérimentale et les objectifs de cette formation que les élèves doivent développer et acquérir à la fin de l'année scolaire. La mise en oeuvre de la formation expérimentale doit s'appuyer sur des problématiques concrètes et clairement identifiées. Elles doivent être programmées par l'enseignant de façon à assurer un apprentissage progressif de l'ensemble des connaissances et des savoir-faire attendus.

La seconde partie, intitulée « Contenus thématiques », est structurée autour de six thèmes. Elle met en valeur les éléments clefs constituant l'ensemble des savoirs et des savoir-faire dont l'assimilation

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

par les élèves est requise. Il est recommandé d'aborder les items de cette partie qui se prêtent à l'exercice, par une approche expérimentale démonstrative ou par une simulation numérique. L'expérience de cours démonstrative menée par l'enseignant pendant le cours éveillerait la curiosité des élèves et susciterait un questionnement actif et collectif, ce qui permettrait de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation. Le choix des thèmes des expériences de cours relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur.

Pour faciliter la progressivité des acquisitions, pour tenir compte des contraintes liées à la formation expérimentale et afin d'avoir une vision globale à l'échelle nationale, il est impératif de suivre la progression des six thèmes dans l'ordre suivant :

I **électronique ;**
II **optique ;**
III **mécanique ;**
IV **introduction à la physique quantique ;**
V **thermodynamique ;**
VI **électromagnétisme.**

L'ordre d'exposition, au sein de chaque thème, relève bien sûr de la liberté pédagogique du professeur, cependant, il devra faciliter la progressivité des acquisitions.

Trois annexes sont consacrées :

- au matériel de physique nécessaire à la mise en oeuvre des programmes ;
- aux outils mathématiques et numériques que les élèves doivent savoir mobiliser de façon autonome dans le cadre des enseignements de physique à la fin de l'année de la classe de MPSI.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# Formation expérimentale

La physique, à l'instar de toutes les sciences, est un entrelacement subtil de modèles théoriques et de validations expérimentales. Les travaux dirigés permettent aux élèves de s'entraîner et de mieux s'approprier les concepts et techniques enseignés. Les travaux pratiques leur apportent quant à eux une compréhension plus concrète des phénomènes naturels et technologiques étudiés et développent leurs savoirs et savoir-faire expérimentaux. Ils permettent ainsi de tisser un lien étroit entre le réel et sa représentation et constituent pour les élèves un moyen d'appropriation de techniques, de méthodes, mais aussi de notions et de concepts.

D'un autre côté l'activité expérimentale part d'un questionnement inscrit dans un cadre de réflexion théorique et conduit l'élève à analyser la tâche qui lui est demandée, à s'approprier la problématique attachée, à envisager un protocole comportant des expériences, puis à le réaliser. L'élève est alors invité à porter un jugement critique sur la pertinence des résultats obtenus, ce qui permet de conclure quant à la validité des hypothèses formulées. Une séance de travaux pratiques doit comporter non seulement la manipulation proprement dite, mais aussi des temps de réflexion, de construction intellectuelle et d'échanges avec le professeur. C'est pourquoi ce dernier choisit les sujets d'étude plus en raison de leurs qualités formatrices que des phénomènes particuliers qui en constituent le support.

## 1 À propos de la formation

### 1.1 Objectifs de la formation expérimentale

Le programme de physique introduit les activités expérimentales avec deux principaux objectifs : un objectif d'éducation scientifique et d'apprentissage des principaux concepts qui permettent de comprendre le monde moderne en tant que citoyen éclairé et un objectif de préparation à l'évaluation des savoirs et savoir-faire expérimentaux acquis et par suite au monde professionnel.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières



À ce propos, le programme de physique souligne l'importance :

- de la pratique expérimentale (travaux pratiques et expériences de cours) comme caractéristique des sciences physiques ;
- de l'acquisition des connaissances scientifiques et techniques de base (ordres de grandeur, schémas d'explication qualitative, modélisation, information sur le monde technique et les connaissances fondamentales en physique y compris les plus récentes) ;
- de l'entraînement à la manipulation, à l'observation, à la réalisation et à la représentation d'objets et de phénomènes ;
- de l'entraînement aux modes de raisonnement des sciences physiques, en essayant de présenter aux élèves l'interaction dialectique entre théorie et expériences.

Effectués en binôme ou trinôme, les TP apprennent aux élèves :

- à se familiariser avec le matériel et à s'adapter à ses contraintes ;
- à réaliser des mesures et des acquisitions, à les commenter, les interpréter et les confronter à un modèle théorique ;
- à concevoir progressivement leurs propres protocoles expérimentaux afin de mettre en oeuvre une démarche leur permettant de réaliser les TP ; puis, plus tard, *s'approprier les concepts de la démarche scientifique durables et indispensables* à tous les futurs ingénieurs, chercheurs ou enseignants.

La formation expérimentale des élèves est réalisée à travers deux composantes : les expériences de cours et les travaux pratiques. Ces deux composantes, complémentaires, ne répondent pas tout à fait aux mêmes objectifs :

- les expériences de cours démonstratives menées par l'enseignant pendant le cours suscitent un questionnement actif et collectif autour d'une situation expérimentale bien choisie permettant de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation, d'aboutir à des lois simplificatrices et unificatrices, de dégager des concepts transversaux entre différents domaines de la physique, de montrer aux élèves que « la théorie et l'expérience sont indissociablement liées» et enfin de mieux se situer par rapport aux objectifs de la leçon. Le choix des thèmes des expériences de cours relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur ;
- les travaux pratiques permettent, dans une approche contextualisée, suscitée par une problé-

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

matique clairement identifiée et, chaque fois que cela est possible, l'acquisition de savoirs et savoir-faire techniques, de savoir dans le domaine de la mesure et de l'évaluation de sa précision, d'autonomie dans la mise en oeuvre de protocoles simples associés à la mesure des grandeurs physiques les plus souvent mesurées.

Afin d'améliorer la pratique expérimentale et rendre les apprentissages plus efficaces, il convient :

- de questionner les élèves avant, pendant et après le TP sur ce qu'ils sont en train de faire et surtout sur le pourquoi ;
- de faire usage d'un matériel sophistiqué (carte d'acquisition, oscilloscope numérique, spectromètre à fibre optique…) de façon consciente et réfléchie. La mesure effectuée avec l'ordinateur, par exemple, ne doit pas se réduire à un presse-bouton. Les enjeux doivent être clairs pour les élèves ;
- d'être attentif aux exigences des élèves et à l'attendu des différentes évaluations. Ces exigences doivent être clairement motivées et non pas seulement dictées par la volonté de minimiser l'effort à fournir) ;
- de varier le plus possible la typologie des TP. Par exemple, en alternant le fait d'exposer la théorie avant le TP ou laisser les élèves découvrir la théorie, en alternant entre un texte protocolaire et un bref texte les invitant à développer la mise en oeuvre expérimentale après une recherche documentaire.

Il est important de préciser par écrit, en préambule de l'énoncé de chaque TP, les objectifs et les savoir-faire visés et de ne pas manquer à en évaluer rapidement le degré de réalisation et de maîtrise à la fin de chaque étape ou la fin de la séance.

## 1.2 Organisation de la formation expérimentale

Cette partie précise les connaissances et les « savoir-faire » associés à la formation expérimentale des élèves et que ces derniers doivent acquérir dans le domaine de la mesure expérimentale et de l'évaluation des incertitudes des meures. Elle aborde la question de la prévention du risque au laboratoire de physique-chimie. Elle précise aussi la liste des thèmes de travaux pratiques et fixent les objectifs de chaque thème. Elle souligne aussi l'importance de l'évaluation régulière des acquis des élèves inscrits dans le volet de la formation expérimentale.

Une liste de matériel, que les élèves doivent savoir utiliser avec l'aide d'une notice succincte,

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

figure dans l'annexe « 1. Liste de matériel de physique» du présent programme. Son placement en annexe du programme, et non à l'intérieur de la partie dédiée à la formation expérimentale, est délibéré : il exclut l'organisation de séances de travaux pratiques dédiées à un appareil donné et centrées seulement sur l'acquisition des compétences techniques associées.

## 1.3 Mesures et incertitudes

*La notion d'incertitude est indispensable dans la démarche expérimentale. En effet, elle est nécessaire pour juger de la qualité d'une mesure ou de sa pertinence. Sans elle on ne peut examiner la compatibilité d'une mesure avec une loi physique. Ce thème intitulé « Mesures et incertitudes» vise à fournir les outils nécessaires à l'analyse de résultats expérimentaux.*

*Les élèves doivent avoir conscience de la variabilité des résultats obtenus lors d'un processus de mesure d'une grandeur physique et sa caractérisation à l'aide de l'incertitude-type, en connaître les origines et les sources, estimer leur influence sur le résultat final, et comprendre et s'approprier ainsi les objectifs visés par l'évaluation des incertitudes. Ils détermineront ensuite ce qu'il faudrait faire pour améliorer la précision d'un résultat.*

*Enfin, il est essentiel que les notions sur les mesures et incertitudes diffusent dans chacun des thèmes du programme, théoriques et expérimentaux, tout au long des deux années préparatoires et qu'elles soient régulièrement évaluées.*

*Le tableau ci-dessous explicite les savoir-faire exigibles sur le thème « Mesures et incertitudes ». Le recours à la simulation vise à illustrer, sur la base de mesures expérimentales, différents effets de la variabilité de la mesure d'une grandeur physique dans les cas des incertitudes-types composées et de la régression linéaire.*

| Notions et contenus | Savoir-faire exigibles |
|---|---|
| Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Notion d'incertitude. Incertitude-type.<br>Erreur ; composante aléatoire et composante systématique de l'erreur.<br>Incertitude-type A. Incertitude-type | Identifier les incertitudes liées, par exemple, à l'opérateur, à l'environnement, aux instruments ou à la méthode de mesure.<br>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).<br>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| B. Propagation des incertitudes. Écart normalisé.<br>Évaluation d'une incertitude-type. | autre approche que statistique (évaluation de type B).<br>Associer un intervalle de confiance à l'écart-type dans l'hypothèse d'une distribution suivant la loi normale. |
| Incertitude-type composée.<br>Incertitude élargie. | Évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertitudes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient.<br>Comparer entre elles les différentes contributions lors de l'évaluation d'une incertitude-type composée.<br>*Activité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.* |
| Écriture du résultat d'une mesure.<br>Chiffres significatifs. | Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure. |
| Comparaison de deux valeurs ; écart normalisé. | Comparer deux valeurs dont les incertitude-stypes sont connues à l'aide de leur écart normalisé.<br>Analyser les causes d'une éventuelle incompatibilité entre le résultat d'une mesure et le résultat attendu par une modélisation. |
| Régression linéaire. | Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle.<br>Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude ou analyse des écarts normalisés.<br>*Activité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs - simulation Monte-Carlo - pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle* |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 1.4 Prévention du risque au laboratoire de physique

*L'apprentissage et le respect des règles de sécurité dans les laboratoires et les salles de travaux pratiques visent d'une part à réduire les risques liés aux activités expérimentales et d'autre part à sensibiliser les élèves au respect de la législation ainsi qu'à l'impact de leur activité sur l'environnement. L'élève doit adopter une approche méthodique, prudente et soignée et se concentrer sur ce qu'il est en train de faire.*

*Des savoirs et des savoir-faire sont attachés au thème « Prévention du risque au laboratoire de physique et de chimie ». Ils sont détaillés dans le tableau ci-dessous.*

### 1.4.1. Prévention des risques au laboratoire

| | |
|---|---|
| | Adopter une attitude responsable et adaptée au travail en laboratoire.<br>Développer une attitude autonome dans la prévention des risques. |
| **Risque chimique** | |
| Règles de sécurité au laboratoire. Classes et catégories de danger. Pictogrammes de sécurité pour les produits chimiques. Mentions de danger (H) et conseils de prudence (P). Fiches de sécurité. | Relever les indications sur le risque associé au prélèvement, au mélange et au stockage des produits chimiques et adopter une attitude responsable lors de leur utilisation. |
| **Risque électrique** | |
| Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit, et le risque d'arc électrique. Ses conséquences sont l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion... | Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation d'appareils électriques. |
| **Risque optique et électromagnétique** | |
| Les rayonnements optique et électromagnétique auxquels peuvent être exposés les élèves sont parfois nocifs pour les yeux et pour la peau. Une dé- | Utiliser les sources laser et les diodes électroluminescentes de manière adaptée.<br>Adopter une attitude responsable lors de l'utilisa- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| marche de prévention adaptée permet de réduire les risques pour la santé et la sécurité. | tion des émetteurs d'ondes hyperfréquences. |
| **Risque thermique** | |
| L'exposition à une ambiance thermique chaude ou la manipulation de corps chauds ou froids peut être à l'origine de brûlures ou de gelures localisées potentiellement graves. | Adopter une attitude responsable lors de manipulations de corps chauds ou froids. |
| **Risque mécanique** | |
| Les risques mécaniques englobent la coupure, la lacération ou la piqûre, l'écrasement, le contact avec des machines. | Adopter une attitude responsable lors de manipulations de dispositifs engageant des hautes ou des basses pressions ou lors de la conjonction d'un élément d'un montage et l'énergie d'un mouvement. |
| **Risque sonore** | |
| Le bruit dans les salles de travail constitue une nuisance majeure et peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur<br>La santé et la qualité du travail. | Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation des émetteurs d'onde infrasonores, sonores ou ultrasonores. |
| **1.4.2. Prévention de l'impact environnemental** | |
| Traitement et rejet des espèces chimiques. | Adapter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange en fonction des informations recueillies sur la toxicité ou les risques.<br>Sélectionner, parmi plusieurs modes opératoires, celui qui minimise les impacts environnementaux. |

## 1.5 Thèmes de travaux pratiques et objectifs

La liste suivante est une proposition non exhaustive de thèmes des TP. *Le choix des sujets, des manipulations à réaliser et de la progression des TP (comme celui des expériences de cours) relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur* : les thèmes proposés par le programme sont purement indicatifs, ceux-ci peuvent être remplacés par tout thème à l'initiative du professeur

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

et ne faisant appel qu'aux connaissances du programme de la classe. Cependant, leur contenu doit répondre aux objectifs fixés par le programme et permettre aux élèves de développer les connaissances et les savoir-faire nécessaires. Les connaissances et les savoir-faire expérimentaux développées à travers les objectifs des différents thèmes de travaux pratiques sont exigibles aux épreuves d'évaluation, écrites et expérimentales, en classe et éventuellement aux concours. Elles peuvent faire l'objet de questions aux épreuves écrites et orales. Rappelons qu'à travers les thèmes des travaux pratiques, il faudra procéder à l'évaluation des incertitudes types A et types B, à l'étude de leur propagation à l'aide d'un langage de programmation et à la présentation de la valeur numérique d'un résultat expérimental.

la santé et la qualité du travail.

## 2 Mesures et incertitudes

### TP1 Incertitudes de mesures

- connaître les origines des incertitudes ;
- évaluer les incertitudes de mesure et leur propagation ;
- savoir évaluer une incertitude type et une incertitude élargie ;
- estimer correctement le nombre de chiffres significatifs à retenir dans le résultat ;
- savoir utiliser une régression linéaire ;
- simuler un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée ;
- simuler un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs - simulation MONTE-CARLO - pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle ;
- confronter plus efficacement l'expérience avec un modèle théorique ;
- réaliser une critique plus constructive du protocole expérimental et/ou du modèle théorique.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# 3 Électronique

## TP2 Instrumentation électronique au laboratoire, présentation, réglage et règles d'utilisation (1/2)

- connaître des caractéristiques essentielles de chaque appareil à l'aide de sa notice ou directement de l'appareil : impédance d'entrée, impédance de sortie, bande passante selon le cas ;
- maîtriser l'utilisation des instruments électroniques ;
- gérer les contraintes liées à la liaison entre masses.

## TP3 Instrumentation électronique au laboratoire, présentation, réglage et règles d'utilisation (2/2)

- évaluer une résistance d'entrée ou de sortie à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit ;
- étudier l'influence des résistances d'entrée ou de sortie sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre ;
- élaborer un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.

## TP4 Régimes transitoires de circuits électriques *RC* et *RL*

- obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données ;
- mesurer les caractéristiques d'un signal électrique, amplitude, période, fréquence, valeur moyenne, valeur efficace, décalage temporel et déphasage ;
- passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## TP5 Régimes transitoires de circuits électriques *RLC*

- repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou $\pi$ en mode XY ;
- reconnaître une avance ou un retard de phase ;
- choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'acquisition.

## TP6 Régime sinusoïdal forcé et résonances du circuit *RLC*

- visualiser un signal à l'aide de la carte d'acquisition ;
- réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du premier ordre et analyser ses caractéristiques ;
- réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques ;

## TP7 Mesures de résistances et d'impédances

- estimer la durée du régime transitoire ;
- mesurer une constante de temps ;
- mesurer un temps de montée.

## TP8 Étude d'un filtre passif de premier ordre et d'un filtre passif de second ordre

- confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques ;
- caractériser un phénomène de résonance ;
- déterminer rapidement le type de filtre étudié et de sa fréquence de coupure.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## TP9 Présentation et utilisation d'une station d'acquisition

- tracer le diagramme de BODE en gain et en phase ;
- obtenir la réponse du filtre à un signal créneau et à un signal triangulaire ;
- mettre en évidence le caractère intégrateur ou dérivateur d'un filtre dans son diagramme asymptotique.

## TP10 ALI en régime linéaire : amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur et suiveur

- illustrer l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages ;
- vérifier la nécessité de la rétroaction sur l'entrée inverseuse d'un amplificateur linéaire intégré pour que le régime linéaire soit possible ;
- observer les limitations dues aux imperfections de l'amplificateur linéaire intégré : limitations en courant, en tension et en fréquence.

## TP11 ALI en régime linéaire : intégrateur, dérivateur

- mettre en évidence le caractère intégrateur du montage intégrateur et la condition sur la période du signal à intégrer ;
- comparer les caractéristiques de deux filtres de même ordre, l'un passif et l'autre actif ;
- illustrer l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.

## TP12 Étude d'un filtre actif de premier ordre et d'un filtre actif de second ordre

- identifier une résistance calibrée, une résistance variable et un potentiomètre ;
- mesurer une résistance et une impédance.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

### TP13 ALI en régime saturé : comparateur simple, comparateur à hystérésis, multivibrateur astable à amplificateur linéaire intégré

- détecter le caractère non linéaire d'un système par l'apparition de nouvelles fréquences ;
- utiliser un microcontrôleur.

## 4 Optique

### TP14 Lois de la réflexion et de la réfraction.

- vérifier des lois de SNELL-DESCARTES ;
- vérifier Les conditions de GAUSS ;
- mettre en évidence les aberrations géométriques de distorsion et chromatiques ;
- reconnaître une lentille et un miroir convergents et une lentille et un miroir divergents ;
- éclairer un objet de manière adaptée ;
- optimiser la qualité d'une image.

### TP15 Focométrie des lentilles minces et des miroirs sphériques.

- vérifier l'existence des foyers ;
- estimer une valeur approchée d'une distance focale ;
- mesurer une longueur sur un banc d'optique ;
- vérifier les relations de conjugaison et du grandissement ;
- choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales ;
- comprendre et réaliser le réglage de la lunette autocollimatrice et du collimateur sur un spectrogoniomètre à prisme ;
- créer ou repérer une direction de référence avec ces systèmes optiques.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

### TP16 Étude de quelques instruments optiques de laboratoire et leur utilisation

- mettre en évidence du minimum de déviation ;
- effectuer une mesure d'angle sur un goniomètre ;
- mesurer une longueur d'onde optique à l'aide d'un goniomètre à prisme ;
- mesurer l'indice du prisme et vérifier la loi de *Cauchy* ;
- procéder à l'évaluation des incertitudes-types B et leur propagation grâce à l'aide d'un langage de programmation ;
- vérifier l'égalité des angles d'incidence et d'émergence ;
- visualiser les spectres d'émission atomique du sodium, du mercure et de l'hydrogène ;
- déterminer un spectre à l'aide d'un spectromètre à fibre optique.

### TP17 Réglage et utilisation d'un spectrogoniomètre, spectroscope à prisme.

- comprendre et réaliser le réglage d'un système optique ;
- éclairer un objet de manière adaptée ;
- optimiser la qualité d'une image ;
- étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image ;
- utiliser ces instruments en focométrie : détermination simple de la distance focale image d'une lentille.

## 5 Mécanique

### TP18 Étude de mouvements par enregistrements numériques : la chute libre

- mettre en oeuvre une méthode de stroboscopie ;
- réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération ;

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

- mettre en oeuvre de capteurs de vitesse et d'accélération ;
- utiliser un capteur de force ;
- étudier une loi de force par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ;
- mesurer des frottements fluides.

# 6 Thermodynamique

## TP19 Étude des isothermes d'un corps pur.

- tracer le diagramme $(P, v)$ lors d'un changement de phase ;
- exploiter les graphiques obtenus afin de déterminer un point critique, une chaleur latente de vaporisation, et de visualiser le domaine de validité du modèle des gaz parfaits ;
- tracer les isothermes d'un gaz.

## TP20 Caractéristique statique d'un capteur. Mise en oeuvre d'un capteur de pression, de température.

- mesurer une température à l'aide d'un thermomètre, d'une thermistance ou d'un capteur infra-rouge ;
- mesurer une pression ;
- distinguer le caractère différentiel ou absolu du capteur ;
- mesurer une capacité thermique ;
- mesurer une enthalpie de fusion.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

### TP21 Mesures calorimétriques : mesure d'une capacité thermique et d'une chaleur latente.

- mettre en oeuvre une machine thermique cyclique ditherme ;
- étudier une machine thermique cyclique ditherme ;
- faire un bilan énergétique.

### TP22 Étude d'une machine thermique cyclique ditherme.

- tracer le cycle parcouru par le réfrigérant sur le diagramme enthalpique ou le diagramme de Clapeyron ;
- calculer un rendement ou une efficacité.

## 7 Électromagnétisme

### TP23 Production et mesure du champs magnétique. Spectre magnétique.

- mesurer un champs magnétique ;
- vérifier la loi de Biot et Savart sur des bobines de différentes formes ;
- déterminer la topographie de champs, électrostatique et magnétique ;
- étudier la relation entre le champs magnétique et le courant électrique ;
- étudier la relation entre le champs magnétique et le nombre de spires dans une bobine ;
- créer un champs magnétique uniforme.

## 8 Compte-rendu

La séance de travaux pratiques donne lieu à une synthèse écrite comportant, sous forme succincte, l'indication et l'exploitation des résultats. À cet égard on attache de l'importance à leur présentation graphique. L'utilisation d'un ordinateur, soit pour l'acquisition et le traitement de

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

données expérimentales, soit pour comparer les résultats des mesures aux données théoriques, évite des calculs longs et répétitifs et favorise le tracé de courbes. Si les élèves sont appelés à utiliser d'autres appareils, toutes les indications nécessaires doivent leur être fournies.

Il est impératif d'exiger de l'élève la rédaction d'un compte-rendu pendant une séance de travaux pratiques. Cette aptitude constitue un des objectifs de la formation scientifique. Les activités expérimentales sont aussi l'occasion de travailler l'expression orale lors d'un point de situation ou d'une synthèse finale par exemple. Le but est de bien préparer les élèves de CPGE à la présentation des travaux et projets qu'ils auront à conduire et à exposer aux épreuves orales et au cours de leur formation en école d'ingénieur et, plus généralement, dans le cadre de leur métier de chercheur ou d'ingénieur.

L'élève doit rédiger dans son cahier, au fur et à mesure, un compte-rendu :

- définissant les objectifs du thème de travaux pratiques ;
- précisant la problématique préalablement définie ;
- expliquant les choix expérimentaux effectués et les techniques de mesure utilisées ;
- comprenant les mesures effectuées, et les courbes tracées et visualisées, les photos des écrans d'appareil de mesure ou de visualisation et précisant bien les choix des paramètres de mesure (amplitudes, fréquences, calibres, etc.) ;
- interprétant les différentes courbes et mesures en relation avec les résultats théoriques fournis.

Si l'intérêt du compte-rendu est évident, en revanche il faut veiller à ce qu'il ne prenne pas une importance considérable, en temps, par rapport au travail expérimental proprement dit.

D'autre part, les différentes activités pratiques doivent être couronnées par l'évaluation *hebdomadaire et trimestrielle* des savoir et savoir-faire expérimentaux, Lors de cette évaluation, il faudrait bien expliciter les distinctions entre savoirs et savoir-faire, et entre savoir-utiliser et savoir mettre en oeuvre.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# Contenus thématiques

Chaque thème du programme de physique comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation et les domaines d'application. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes qui identifient, d'une part, les notions et contenus à connaître, et donc exigible, d'autre part, des commentaires ainsi que les activités numériques et expérimentales supports de la formation. Les activités numériques sont identifiées en *caractères italiques* ; le langage de programmation conseillé est le *langage Python*. Les thèmes des *activités numériques* sont choisis de manière à représenter la diversité des applications possibles. Le professeur veillera à ce qu'une concertation régulière avec l'enseignant d'informatique soit développée autour de l'exécution de ces activités.

Le programme a été rédigé et abondamment commenté, avec le souci majeur de faciliter la transition entre l'enseignement secondaire et le système des classes préparatoires. Pour atteindre ce but, il a été jugé indispensable :

- d'introduire progressivement les outils et les méthodes de l'enseignement de physique post-baccalauréat sur des situations conceptuelles aussi proches que possible de celles qui ont été rencontrées au lycée ; en évitant, quand c'est possible, l'emploi d'outils mathématiques non encore maîtrisés, liés à des concepts physiques nouveaux ;
- de coordonner entre les enseignements de mathématiques, sciences industrielles, informatique, physique et chimie utilisant des outils souvent communs, pour faciliter le travail d'assimilation des élèves. Ceci rejette tout cloisonnement des enseignements scientifiques et suppose au contraire une concertation étroite au sein de l'équipe pédagogique ;
- de valoriser l'approche expérimentale des phénomènes pour stimuler chez l'élève une attitude active et créatrice, favorisant l'appropriation des connaissances et le développement d'un certain savoir faire manuel. Les travaux pratiques (TP) et les expériences de cours sont les temps forts de cette valorisation ;

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

- de valoriser l'approche numérique afin de permettre aux élèves de mettent en oeuvre leurs connaissances en informatique dans le cadre de l'étude d'une application en physique.

Les intitulés des chapitres sont classiques, de façon que les acquis des élèves soient clairement identifiés.

La table de matière suivante résume ces intitulés avec le volume horaire indicatif qui doit leurs être consacré (entre parenthèse avant le numéro de page).

## Table des matières avec horaires indicatifs

**Électronique** (36h) **104**

Lois générales dans le cadre de l'ARQP (2h) 105
Éléments de circuits linéaires (8h) 106
Régime transitoire (6h) 108
Régime sinusoïdal forcé (8h) 109
Filtrage linéaire (6h) 110
Amplificateur Linéaire Intégré (6h) 111

**Optique** (16h) **112**

Approximation de l'optique géométrique (6h) 113
Formation des images dans les conditions de GAUSS (6h) 115
Modèles de quelques dispositifs optiques (4h) 116

**Mécanique** (45h) **117**

Description et paramétrage du mouvement d'un point (8h) 118
Dynamique du point matériel dans un référentiel galiléen, lois de NEWTON (6h) 119
Puissance et travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique (5h) 120
Mouvement de particules chargées (4h) 121
Oscillateur linéaire à un degré de liberté (6h) 123
Théorème du moment cinétique (4h) 123
Mouvements dans un champs de forces centrales conservatives (6h) 124
Dynamique du point matériel dans un référentiel non galiléen (6h) 126

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

**Physique quantique** 127

**Thermodynamique** (30h) 128

Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre (6h) 129
Statique des fluides dans un référentiel galiléen 131
Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé (6h) 132
Deuxième principe de la thermodynamique pour un système fermé (6h) 134
Changement de phase d'un corps pur (6h) 135
Étude des machines thermiques (6h) 135

**Électromagnétisme** (24h) 136

champs et potentiel électrostatiques (8h) 137
Dipôle électrostatique (4h) 140
champs magnétostatique (8h) 141
Dipôle magnétique (4h) 142

# 1 Électronique

Les notions de courant et de tension, la loi des noeuds et la loi des mailles ont été abordés au cycle du baccalauréat. Le régime transitoire, dans les circuits *RC*, *RL* et *RLC*, a été vu pendant l'année terminale ; les élèves sont initiés à manipuler les équations différentielles qui régissent ces phénomènes. Il convient d'exploiter ces acquis pour aborder les nouvelles notions et de traiter les difficultés correspondantes. En revanche, le régime sinusoïdal, les grandeurs efficaces, l'impédance, le filtrage, ··· sont des notions nouvelles. Il convient de les introduire de manière progressive.

Ce programme s'appuie exclusivement sur les composants suivants : résistance, condensateur, bobine inductive et amplificateur linéaire intégré (appelé autrefois amplificateur opérationnel). Cependant, lors des travaux pratiques, il est possible de faire appel à des composants intégrés ou non linéaires (filtres à capacité commutée, diodes, photorésistances, etc.) dès lors qu'aucune connaissance préalable n'est nécessaire.

L'électronique recoupe fortement l'automatique qui est enseigné par le professeur de sciences industrielles. Il importe donc chaque fois que cela est possible d'adopter un vocabulaire commun. Le professeur de sciences industrielles et le professeur de physique sont invités à se concerter à

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

cet effet.

Les objectifs généraux de cette partie sont :

- comprendre le rôle joué par une équation différentielle dans l'étude de l'évolution temporelle d'un système physique ;
- distinguer le régime transitoire du régime permanent ;
- déterminer les grandeurs électriques en régime permanent en remplaçant les bobines et les condensateurs par des interrupteurs fermés ou ouverts ;
- relier linéarité et principe superposition ;
- savoir tracer, analyser et exploiter un diagramme de BODE ;
- faire apparaître et exploiter les analogies formelles et comportementales entre les oscillateurs électriques et mécaniques.

## 1.1 Lois générales dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires

*Cette partie pose les bases nécessaires à l'étude des circuits dans l'Approximation des Régimes Quasi Stationnaires (ARQS). Si le programme se concentre sur l'étude des dipôles R, L et C, il est possible, lors des travaux pratiques, de faire appel à des composants intégrés ou non linéaires (filtres à capacité commutée, échantillonneur-bloqueur, diodes, photorésistances, etc.) dès lors qu'aucune connaissance préalable n'est nécessaire.*

| | |
|---|---|
| Approximation des régimes quasi-stationnaires. | L'ARQS sera présentée d'une façon qualitative. On relie la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence. L'origine théorique de cette approximation sera discutée dans le cours d'électromagnétisme en deuxième année.<br>La théorie générale des réseaux est hors programme. |
| Charge électrique, intensité du courant électrique, bilan de charges, loi des noeuds. | On justifie qualitativement que l'utilisation de grandeurs électriques continues est compatible |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | avec la quantification de la charge électrique.<br>On donne l'ordre de grandeur des intensités dans différents domaines d'application.<br>L'intensité du courant électrique dans une branche orientée de circuit est définie comme le débit de charges à travers une section du conducteur.<br>La loi des noeuds traduit une conservation de la charge en régime stationnaire.<br>On admet l'extension de cette loi aux régimes lentement variables.<br>La forme locale de l'équation de conservation de la charge électrique sera abordée en classe de deuxième année. |
| Potentiel, référence de potentiel, tension électrique, conventions d'orientation de la tension aux bornes d'un dipôle, loi de KIRCHHOFF des mailles.<br>La puissance électrique reçue par un dipôle.<br>Caractères générateur et récepteur. | On donne l'ordre de grandeur des tensions dans différents domaines d'application. |

## 1.2 Éléments de circuits linéaires en régime continu ou quasistationnaire

*Cette partie aborde les lois de comportement reliant l'intensité et la tension pour les dipôles modèles (résistance, condensateur, bobine, sources idéales). Il convient de signaler que la mémorisation de toute formulation mathématique du théorème de MILLMAN est exclue.*

| | |
|---|---|
| Modélisation de dipôles : résistors ($R$), condensateurs ($C$), bobines ($L$).<br>Relation tension-courant. | On cite les ordres de grandeurs des composants $R$, $L$, $C$.<br>Un comportement linéaire est décrit par une équation différentielle linéaire à coefficients constants.<br>On signale que tous les éléments d'un circuit réel sont représentés par des modèles dont les domaines de validité possèdent des limites ; cet aspect est surtout vu en travaux pratiques. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | On affirme les relations : $q = Cu_c$ et $u_L = ri + L\frac{di}{dt}$. La première sera établie dans le cours d'électromagnétisme en première année et la seconde dans le cours d'électromagnétisme en deuxième année. |
| Sources libres ou indépendantes, sources liées ou contrôlées, décrites par un modèle linéaire. | On définit les sources et on en donne des exemples. |
| Association des résistances et des capacités en série, en parallèle. | Le théorème de KENNELY est hors programme. |
| Résistance de sortie, résistance d'entrée. | On explique les conséquences des valeurs de ces résistances pour un appareil de mesure ou un générateur sur le fonctionnement d'un circuit. On étudie l'influence des résistances d'entrée ou de sortie sur le signal délivré par un générateur sur la mesure effectuée par un appareil de mesure. |
| **Propriétés des dipôles** | |
| Caractéristique courant - tension d'un dipôle. Point de fonctionnement. Association de deux dipôles quelconques. Limitations en courant et tension d'un dipôle. Classification des dipôles. | On étudie la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire. On signale que la caractéristique intensité - tension d'un dipôle est bornée. |
| Ponts diviseurs de tension et de courant. | |
| Aspects énergétiques : énergie emmagasinée dans un condensateur et dans une bobine, puissance dissipée dans une résistance (effet JOULE). | On montre, par des considérations énergétiques, que la charge d'un condensateur et le courant qui traverse une bobine sont continus en fonction du temps. |
| Modélisations linéaires d'un dipôle actif : générateur de courant (représentation de NORTON) et générateur de tension (représentation de THÉVENIN) ; équivalence entre les deux modélisations. | On montre à travers des exemples que l'équivalence THÉVENIN - NORTON PERMET DE SIMPLIFIER L'ÉTUDE DES CIRCUITS. |
| Loi des noeuds exprimée en termes de potentiels ou théorème de MILLMAN. | La mémorisation de toute formulation mathématique du théorème de MILLMAN est exclue. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 1.3 Régime transitoire

*Cette partie aborde l'étude des circuits linéaires du premier et du second ordre en régime libre. Il s'agit avant tout de comprendre les principes des méthodes mises en oeuvre et leur exploitation pour étudier l'effet d'un système linéaire sur un signal. On mettra l'accent sur la notion du régime transitoire et celle du régime permanent.*

| | |
|---|---|
| Étude des circuits *RC*, *RL* et *RLC* série soumis à un échelon de tension. Régime libre. Régime transitoire et régime permanent. Pulsation propre. Facteur de qualité. | On écrit les équations différentielles sous les formes canoniques. Cette écriture est l'occasion pour habituer les élèves à faire un rapprochement avec un autre phénomène physique analogue.<br>On distingue, sur un relevé expérimental, régime transitoire et régime permanent au cours de l'évolution d'un système du premier ordre soumis à un échelon.<br>On détermine un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire.<br>On met l'accent sur les analogies formelles et comportementales entre les oscillateurs électriques et mécaniques.<br>*Activité numérique : mettre en oeuvre la méthode d'Euler à l'aide d'un langage de programmation pour simuler la réponse d'un système linéaire du premier ordre à une excitation de forme quelconque.* |
| Stockage et dissipation d'énergie. Bilan énergétique. | On réalise un bilan énergétique. |
| Portrait de phase. | On se contente de reconnaître le type de régime transitoire à partir du portrait de phase.<br>On peut utiliser un logiciel approprié pour le tracé des portraits de phase. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 1.4 Régime sinusoïdal forcé

*Cette partie aborde l'étude des circuits linéaires du premier et du second ordre en régime forcé. Il s'agit avant tout de comprendre les principes des méthodes mises en oeuvre et leur exploitation pour étudier le comportement d'un signal traversant un système linéaire. On mettra, en cours de mécanique, l'accent sur les analogies formelles et comportementales.*

| | |
|---|---|
| Régime alternatif sinusoïdal forcé ou établi.<br>Signaux sinusoïdaux : amplitude, phase, pulsation, fréquence, valeur moyenne, valeur efficace, différence de phase entre deux signaux synchrones. | Les concepts de régime transitoire et de régime sinusoïdal établi sont dégagés à partir de l'équation différentielle.<br>On justifie qualitativement l'intérêt des régimes sinusoïdaux forcés par leur rôle générique pour l'étude des régimes périodiques forcés.<br>Le développement quantitatif sur l'analyse de FOURIER sera vu en deuxième année. |
| Représentation complexe d'une grandeur sinusoïdale. | On insiste sur la simplification apportée par la notation complexe qui permet de remplacer une équation différentielle par une équation algébrique sur le corps des nombres complexes.<br>On utilise la notation symbolique ($j\omega$ ou $\frac{d}{dt}$) pour une détermination rapide des régimes sinusoïdaux établis ou des régimes transitoires. |
| Impédance et admittance complexes.<br>Associations série et parallèle.<br>Construction de FRESNEL.<br>Loi des noeuds, loi des mailles, théorème de MILLMAN. | |
| Étude du circuit *LC*.<br>Étude du circuit *RLC* série : résonance du courant et de la tension aux bornes du condensateur, facteur de qualité, acuité d'une résonance. | On met en évidence le rôle du facteur de qualité pour l'étude de la résonance en élongation ou en tension. |
| Stockage et dissipation d'énergie. | La notion de puissance réactive et le théorème de |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Puissance instantanée, puissance moyenne en régime sinusoïdal forcé, grandeurs efficaces. Facteur de puissance ($\cos(\varphi)$). | BOUCHEROT sont hors programme. |
| Bilan énergétique du circuit *RLC* série et du circuit *LC*. | On fait remarquer que le condensateur et la bobine ne participent pas au bilan énergétique moyen en régime sinusoïdal forcé alors qu'ils jouent un rôle essentiel pendant le régime transitoire. |
| Transfert maximal de puissance d'un générateur vers une impédance de charge : notion de charge adaptée, résonance en puissance. | |

## 1.5 Filtrage linéaire

*L'objectif principal de cette partie n'est pas de former les élèves aux aspects techniques des calculs des fonctions de transfert et des tracés de diagrammes de BODE mais de mettre l'accent sur l'interprétation des propriétés du signal de sortie connaissant celles du signal d'entrée et d'appréhender le rôle central de la linéarité des systèmes utilisés.*

| | |
|---|---|
| Fonction de transfert.<br>Gain en décibels, déphasage, diagramme de BODE (amplitude et phase). Fréquence(s) de coupure à -3 décibels, bande passante, facteur de qualité. | On utilise une fonction de transfert donnée d'ordre 1 ou 2 (ou ses représentations graphiques) pour étudier la réponse d'un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d'excitations sinusoïdales, à un signal périodique.<br>On habitue les élèves à prévoir les comportements asymptotiques à haute fréquence et à basse fréquence avant tout calcul explicite de la fonction de transfert. On les habitue aussi à interpréter les zones rectilignes des diagrammes de BODE en amplitude d'après l'expression de la fonction de transfert.<br>On utilise la forme canonique de la fonction de transfert. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Filtres du premier et du second ordre, passifs ou actifs : comportements asymptotiques. | On signale l'existence des filtres actifs et on les traite en application au chapitre « Amplificateur Linéaire Intégré ».<br>On habitue les élèves à choisir un modèle de filtre en fonction d'un cahier des charges.<br>On explicite les conditions d'utilisation d'un filtre afin de l'utiliser comme moyenneur, intégrateur, ou dérivateur.<br>On signale le passage de l'expression de la fonction de transfert à l'équation différentielle.<br>La synthèse des filtres est hors programme.<br>*Activité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation, l'action d'un filtre sur un signal périodique dont le spectre est fourni. Mettre en évidence l'influence des caractéristiques du filtre sur l'opération de filtrage.* |
| Mises en cascade de filtres linéaires. | On explique l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et forte impédance d'entrée. |

## 1.6 Amplificateur Linéaire Intégré

*Cette partie est une introduction de l'amplificateur linéaire intégré (ALI), idéal, en régime linéaire puis en régime non linéaire. Cette introduction doit être perçue comme une découverte et ne pas donner lieu à des dérives calculatoires. On traite en application des filtres actifs utilisant un amplificateur linéaire intégré..*

| | |
|---|---|
| L'amplificateur linéaire intégré :<br>– Présentation, symbole, polarisation ;<br>– Caractéristique de transfert statique : les deux régimes de fonctionnement de l'amplificateur | On cite les ordres de grandeur du gain différentiel statique et du temps de réponse.<br>Les hypothèses du modèle idéal sont dégagées, en faisant référence à l'impédance d'entrée infinie, à |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| linéaire intégré. | l'impédance de sortie nulle, au gain différentiel statique infini, une saturation de la tension de sortie, une saturation de l'intensité du courant de sortie, une fonction de transfert du premier ordre en régime linéaire et à l'absence de décalages constants en courant ou en tension. |
| **Amplificateur linéaire intégré en régime linéaire** | |
| Exemples de fonctionnement d'un amplificateur linéaire intégré idéal : montage amplificateur non inverseur, montage amplificateur inverseur, suiveur (adaptation d'impédance), dérivateur et intégrateur, filtre actif. | On fait constater la nécessité d'une rétroaction sur l'entrée inverseuse pour que le régime linéaire soit possible.<br>Les limitations en tension, en courant et en fréquence (slew-rate) ainsi que les défauts seront vus exclusivement TP. |
| **Amplificateur linéaire intégré en régime saturé** | |
| Comparateur simple.<br>Comparateur à hystérésis : montage, caractéristique de transfert, bistabilité.<br>Application : multivibrateur astable. | L'amplificateur linéaire intégré est supposé idéal. |

## 2 Optique

Cette partie traite de la formation des images dans les conditions de GAUSS et propose une ouverture sur la notion de guidage de la lumière par une fibre optique. Son objectif est de maîtriser les applications pratiques dans ces conditions. Il permet ainsi d'aborder de nombreuses applications technologiques (lunette, appareil photographique, microscope, optique d'un smartphone, etc.).

L'enseignement de l'optique géométrique, fondamentalement ancré sur l'expérience, pourra être effectué pour l'essentiel dans le cadre de séances de travaux pratiques, au cours desquels les élèves se familiarisent avec des montages simples. De cette approche expérimentale, complétée avantageusement par l'utilisation de logiciels de simulation, on dégage et on énonce quelques lois générales.

Le caractère de cet enseignement donne inévitablement au professeur l'occasion d'interroger le

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

concept de modèle en physique et d'en identifier les limites de validité, et aussi de faire observer des phénomènes, telles les aberrations, dont le traitement est hors programme. On se borne dans ces conditions à l'observation de ces phénomènes, en l'accompagnant éventuellement d'un bref commentaire, mais on ne cherche pas à en rendre compte par une théorie détaillée. Dans cet esprit, les élèves sont initiés à l'ensemble des aspects expérimentaux de l'optique géométrique. Il convient ainsi de renforcer leur niveau sur le plan expérimental et de présenter quelques notions théoriques. L'objectif est de ramener les élèves à maîtriser les constructions géométriques et l'utilisation des relations de conjugaison, et de les préparer à l'utilisation des composants dans le thème de l'optique ondulatoire en seconde année.

Les objectifs généraux de cette partie sont :

- connaître l'approximation de l'optique géométrique et les conditions de GAUSS ;
- maîtriser les outils de l'optique géométrique (rayon lumineux, principe d'indépendance des rayons lumineux, principe du retour inverse, relations de conjugaison) ;
- caractériser une source lumineuse par son spectre ;
- savoir utiliser les instruments de l'optique géométrique.

## 2.1 Approximation de l'optique géométrique

*Cette partie a pour objectifs de classer les sources lumineuses selon leur spectre, de décrire la propagation de la lumière dans le cadre de l'optique géométrique, d'énoncer les lois de SNELL-DESCARTES et d'étudier quelques applications de ces lois.*

| | |
|---|---|
| Présentation des sources lumineuses : lampes spectrales, sources de lumière blanche, laser et diode laser.<br>Spectre.<br>Modèle de la source lumineuse ponctuelle monochromatique. | Aucune connaissance sur les sources de lumière, notamment les mécanismes d'émission n'est exigible.<br>On caractérise une source lumineuse par son spectre. On relie la longueur d'onde dans le vide et la couleur. |
| Propagation de la lumière dans les milieux matériels.<br>Indice d'un milieu transparent. | On se limite à un milieu transparent, linéaire, homogène et isotrope.<br>On relie la longueur d'onde dans le vide et la lon- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | gueur d'onde dans le milieu. |
| Approximation de l'optique géométrique. Notion de rayon lumineux, propagation rectiligne dans un milieu homogène, cas d'un milieu non homogène. Limite du modèle. | On introduit l'approximation de l'optique géométrique lors d'une approche descriptive et expérimentale de la diffraction. La notion du rayon lumineux est l'occasion pour mettre en valeur l'importance du modèle dans la physique. |
| Principe du retour inverse de la lumière. Principe d'indépendance des rayons lumineux. | |
| Lois de SNELL-DESCARTES : réflexion et réfraction d'un faisceau lumineux, plan d'incidence, lois de la réflexion, lois de la réfraction, réfraction limite, réflexion totale. | On vérifie expérimentalement les lois de la réflexion et de la réfraction lors d'une séance de travaux pratiques.<br>Le dioptre sphérique est hors programme. |
| **Fibre optique à saut d'indice** | |
| cône d'acceptance. Dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice. | On fait remarquer que les rayons parvenant dans la fibre avec des angles d'incidence différents suivent des chemins optiques (ou modes) différents et qu'à chaque mode correspond un temps de parcours entraînant une dispersion intermodale.<br>On montre, en se limitant au cadre de l'optique géométrique, que les signaux associés aux rayons d'angles nul et maximal se brouillent au bout d'une distance dont on estimera l'ordre de grandeur. |
| **Prisme optique** | |
| section principale, angle au sommet d'un prisme, déviation vers la base, angle de déviation, minimum de déviation, indice d'un prisme, dispersion de la lumière par un prisme. | On exploite l'unicité du minimum de déviation et le principe du retour inverse pour montrer l'égalité des angles d'incidence et d'émergence. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 2.2 Formation des images dans les conditions de Gauss

*Cette partie traire de la construction des images dans les conditions de Gauss et de l'exploitation des formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton fournies.*

| | |
|---|---|
| Système optique centré.<br>Notion de stigmatisme et d'aplanétisme. | |
| Miroir plan, relation de conjugaison, grandissement transversal. | |
| Conditions de l'approximation de Gauss. Notions sur les aberrations. | On énonce et on vérifie expérimentalement les conditions de Gauss , et on met en évidence les aberrations géométriques de distorsion et chromatiques. On admet le stigmatisme et l'aplanétisme dans les conditions de Gauss.<br>On relie les conditions de Gauss aux caractéristiques d'un détecteur. |
| Éléments des systèmes optiques centrés dans les conditions de Gauss, foyers principaux et secondaires, plans focaux, système afocal. | |
| Lentilles minces dans les conditions de Gauss : représentation symbolique, propriétés du centre optique, foyers principaux et secondaires, distance focale, vergence, formation d'image ; mise en oeuvre d'un objet réel ou virtuel, à distance finie ou infinie.<br>Relations de conjugaison, grandissement transversal, grandissement angulaire. | On insiste sur la construction des rayons lumineux et sur les contraintes de distance objet-image et de grandissement linéaire pour le choix des lentilles de projection.<br>On montre que les constructions géométriques permettent d'obtenir les formules de conjugaison et de grandissement.<br>On établit la condition $D \geqslant 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.<br>L'étude générale des systèmes centrés et des systèmes catadioptriques est hors programme.<br>La formule de Gullstrand est hors programme. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Miroirs sphériques dans les conditions de GAUSS : propriétés du centre optique, foyers principaux et secondaires, distance focale, vergence, formation d'image ; mise en oeuvre d'un objet réel ou virtuel, à distance finie ou infinie. Relations de conjugaison, grandissement transversal, grandissement angulaire. | Les relations de conjugaison et de grandissement des miroirs sphériques sont fournies. |

## 2.3 Modèles de quelques dispositifs optiques

*Cette partie a pour objectif d'étudier quelques dispositifs optiques modélisés par une lentille ou une association de lentilles.*

| | |
|---|---|
| **Modèle de l'oeil** | |
| Modélisation, punctum proximum, punctum remotum, accommodation. Limite de résolution. | On modélise l'oeil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe.<br>On dégage le rôle de l'oeil : processus d'accommodation, distance minimale de vision distincte, limite de résolution angulaire et vision de détails, champs visuel.<br>Aucune question ne peut porter sur le fonctionnement de l'oeil. |
| **Modèle de l'appareil photographique** | |
| Modélisation, profondeur de champ. Influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image. Rôle du capteur sur la qualité de cette image. | On modélise l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur.<br>On compare des images produites par un appareil photographique numérique fournies et on discute l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image et le rôle du capteur sur la qualité de cette image. |
| **Lunette astronomique** | |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Constitution de la lunette astronomique, système afocal, grossissement. | On modélise une lunette astronomique par l'association d'un objectif et d'un oculaire. |

## 3 Mécanique

*De façon générale, l'étude de la mécanique vise à doter l'élève d'un socle de connaissances et des compétences de base nécessaires pour la compréhension des lois du mouvement et avoir une certaine maîtrise des outils mathématiques ou numériques indispensables.*

*Hormis l'étude du mouvement dans un référentiel non galiléen, la majorité des notions ont été abordées en secondaire. Il convient de les rappeler et de traiter les difficultés correspondantes en insistant sur les applications.*

*Les objectifs généraux de cette partie sont :*

- *conduire de manière autonome l'étude d'un problème de mécanique : définir un système, choisir un référentiel d'étude éventuellement non galiléen en évaluant les avantages et les inconvénients de ce choix, choisir un système de repérage, procéder à un bilan complet des forces appliquées, choisir une méthode de mise en équations lorsque plusieurs méthodes sont possibles ;*
- *modéliser une situation et prendre conscience des limites d'un modèle ou d'une théorie ;*
- *identifier et utiliser des grandeurs conservatives ;*
- *effectuer un bilan énergétique en mécanique ;*
- *réaliser des constructions graphiques claires et précises pour appuyer un raisonnement ou un calcul ;*
- *comprendre la représentation des solutions dans un portrait de phase ;*
- *utiliser divers outils (discussions graphiques, résolution analytique, résolution numérique) pour discuter les solutions de la ou des équations différentielles modélisant l'évolution temporelle d'un système ;*
- *dégager les similitudes de comportement entre systèmes analogues par une mise en équation pertinente utilisant variables réduites et paramètres caractéristiques adimensionnés.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 3.1 Description et paramétrage du mouvement d'un point

*Dans cette partie, il s'agit d'aborder la description et paramétrage du mouvement d'un point, ce qui nécessite d'introduire les principaux systèmes de coordonnées : cartésiennes, polaires, cylindriques et sphériques. Le but est de permettre aux élèves de disposer d'outils efficaces sans formalisme excessif. Il convient de motiver l'étude par des exemples variés de mouvements de systèmes réels assimilable à des points, afin de familiariser progressivement les élèves avec l'algébrisation des grandeurs dans un contexte relevant de la physique et de familiariser les élèves progressivement avec les opérations de projection et de dérivation de grandeurs vectorielles. Les mouvements rectilignes et circulaires, tirés par exemple d'expériences de cours ou d'enregistrements photo ou vidéo, constituent une occasion pour habituer les élèves à la pratique des analyses qualitatives des comportements cinématiques de systèmes réels assimilés à un point. Dans ce dernier cas, on réalise et on exploite quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement en étudiant l'évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.*

| | |
|---|---|
| Espace et temps classiques.<br>Référentiel d'observation.<br>Caractère relatif du mouvement. Caractère absolu des distances et des intervalles de temps. | On se limite à la description du mouvement sans s'intéresser aux causes du mouvement.<br>On précise la différence entre référentiel et repère.<br>On cite une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut. |
| Paramétrage d'un point en mouvement.<br>Vecteurs position, vitesse et accélération.<br>Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques, polaires et sphériques.<br>Vecteurs position, déplacement élémentaire, vitesse et accélération en coordonnées cartésiennes et cylindriques, vecteurs position et vitesse en coordonnées sphériques. | On définit les coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques, ainsi que les bases associées. On souligne que le paramétrage et la base de projection doivent être adaptés au problème posé.<br>On exprime à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, on construit le trièdre local associé et on en déduit géométriquement les composantes du vecteur vitesse en coordonnées, cartésiennes, cylindriques et sphériques. |
| Exemples de mouvement : mouvement de vecteur accélération constant, mouvement rectiligne sinusoïdal, mouvement circulaire uniforme et non uni- | On identifie les degrés de liberté d'un mouvement.<br>On choisit un système de coordonnées adapté au problème. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| forme.<br>Repérage d'un point dont la trajectoire est connue.<br>Expressions intrinsèques de la vitesse et de l'accélération : coordonnée curviligne, rayon de courbure, repère de FRENET.<br>Vitesse et accélération dans le repère de FRENET pour une trajectoire plane. | On situe qualitativement la direction du vecteur vitesse et du vecteur accélération pour une trajectoire plane. On exploite les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur vitesse et sa variation temporelle. |

## 3.2 Dynamique du point matériel dans un référentiel galiléen, lois de NEWTON

*Dans cette partie, on vise à renforcer chez l'élève l'aptitude à conduire de manière autonome l'étude d'un problème de mécanique : définir un système, choisir un référentiel d'étude en évaluant les avantages et les inconvénients de ce choix, choisir un système de repérage, procéder à un bilan complet des forces appliquées, choisir une méthode de mise en équations lorsque plusieurs méthodes sont possibles. Un autre but de cette partie est de confronter les élèves, à travers quelques exemples, aux subtilités de la modélisation d'une situation physique et de prendre conscience des limites du modèle adopté.*

| | |
|---|---|
| Notion de masse.<br>Notion de point matériel. | On définit le point matériel comme un solide dont les dimensions sont négligeables devant une distance caractéristique du système. |
| Quantité de mouvement d'un point matériel. | |
| Première loi de NEWTON : principe d'inertie. Référentiels galiléens. | On affirme l'existence de référentiels galiléens sans se préoccuper de les rechercher.<br>On décrit le mouvement relatif de deux référentiels galiléens. |
| Notions sur les quatre interactions fondamentales. | On distingue les interactions de portée illimitée de celles dont la portée est limitée à la dimension du noyau atomique. |
| Notion de force.<br>Force de gravitation, poids d'un corps, force élec- | On établit un bilan des forces sur un point matériel et on en rend compte sur un schéma. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| trostatique ou interaction coulombienne, tension du fil, force de rappel élastique, réaction du support, force de LORENTZ, force de frottement fluide linéaire. Poussée d'ARCHIMÈDE.<br>Troisième loi de NEWTON, ou loi des actions réciproques.<br>Deuxième loi de NEWTON pour un point matériel dans un référentiel galiléen.<br>Modèle du champs de pesanteur uniforme au voisinage de la surface d'une planète. Mouvement dans le champs de pesanteur uniforme en l'absence de frottement.<br>Modèles d'une force de frottement fluide. Mouvement dans le champs de pesanteur uniforme en présence de frottement fluide, | On exploite l'équation différentielle : analyse en ordres de grandeur, détermination de la vitesse limite, utilisation des résultats obtenu par simulation numérique.<br>On écrit l'équation différentielle sous forme adimensionnée.<br>*Activité numérique : tracer la trajectoire d'un point matériel dans le cas d'une chute en présence de frottements.* |
| Tension d'un ressort. Pendule élastique.<br>Tension d'un fil. Pendule simple. | |

## 3.3 Puissance et travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique

*Cette partie vise à construire une démarche fondée sur la conservation de certaines grandeurs : effectuer un bilan énergétique en mécanique, identifier et utiliser des grandeurs conservatives, réaliser des analyses graphiques ou numériques par exemple pour décrire un comportement à partir d'une représentation graphique de l'énergie potentielle dans le cas d'un mouvement conservatif.*

| | |
|---|---|
| Puissance et travail d'une force dans un référentiel. | On signale le caractère moteur ou résistant d'une force dans un référentiel. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Énergie cinétique. Théorème de l'énergie cinétique. | On précise que la puissance dépend du référentiel. |
| champs de force conservative.<br>Énergie potentielle.<br>Lien entre un champs de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient. | On fonde le concept d'énergie potentielle sur l'expression du travail de la force considérée.<br>On calcule les énergies potentielles de pesanteur (g supposé constant), gravitationnelle, coulombienne, élastique.<br>On déduit qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée. |
| Énergie mécanique.<br>Théorème de l'énergie mécanique.<br>Mouvement conservatif. Intégrale première de l'énergie. | On distingue force conservative et force non conservative. |
| Application : utilisation d'une représentation graphique de l'énergie potentielle.<br>Positions d'équilibre d'un point matériel, stabilité.<br>Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, pulsation propre. Approximation locale par un puits de potentiel harmonique.<br>Barrière de potentiel. | On s'intéresse à des mouvements à un seul degré de liberté.<br>On établit l'équation différentielle du mouvement du point matériel au voisinage d'une position d'équilibre.<br>On évalue l'énergie minimale nécessaire pour franchir la barrière.<br>*Activité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, résoudre numériquement une équation différentielle du deuxième ordre non-linéaire et faire apparaître l'effet des termes non-linéaires.* |

## 3.4 Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétique, uniformes et stationnaires

*Cette partie introduit l'expression de la force de Lorentz. L'étude porte sur deux cas particuliers importants : mouvement d'une particule chargée dans un champs électrostatique uniforme, puis dans un champs magnétostatique uniforme où le vecteur vitesse initiale est perpendiculaire à ce dernier. À ce stade, les élèves sont censés être opérationnels sur la résolution de l'aspect mathématique.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

*Pour illustrer cette partie, on présentera diverses applications concrètes : accélération de particules chargées par un champs électrique dans les domaines médical et industriel (contrôle non destructif), accélérateurs de particules à haute énergie · · · Il convient de signaler que cette partie se prête à une ouverture vers la dynamique relativiste. Ceci ne doit en aucun cas être prétexte à des débordements, en particulier sous forme de dérives calculatoires ; l'élève doit savoir exploiter des expressions fournies de l'énergie et de la quantité de mouvement d'une particule relativiste pour interpréter certains phénomènes physiques ou résultats expérimentaux.*

| | |
|---|---|
| Force de LORENTZ exercée sur une particule chargée par les champs électrique et magnétique (uniformes et indépendants du temps). | On justifie par un calcul d'ordre de grandeur que le poids d'une particule chargée est négligeable devant la force électromagnétique. |
| Puissance de la force de LORENTZ. | On précise qu'un champs électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champs magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule. |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champs électrique uniforme dans le vide. | On caractérise le mouvement de la particule chargée comme un mouvement à vecteur-accélération constant.<br>On effectue un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.<br>On signale la limite du domaine de validité de la mécanique Newtonienne en s'appuyant sur les expressions fournies $E_c = (\gamma - 1)mc^2$ et $p = \gamma mv$. |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champs magnétique dans le vide dans le cas où le vecteur vitesse initiale est perpendiculaire au champs magnétique. | On montre la conservation de l'énergie cinétique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 3.5 Oscillateur linéaire à un degré de liberté

*Dans cette partie, on aborde l'oscillateur linéaire à un degré de liberté amorti par frottement visqueux en régime libre puis forcé, afin de comprendre les principes des méthodes mises en oeuvre et leur exploitation. L'évolution temporelle de l'oscillateur linéaire peut utiliser divers outils (discussions graphiques, résolution analytique, résolution numérique) pour discuter les solutions des équations différentielles. Les élèves sont amenés à comprendre la représentation des solutions dans un portrait de phase et à en faire l'interprétation.*

| | |
|---|---|
| Régimes libres d'un oscillateur harmonique à un degré de liberté amorti par frottement visqueux. Rôle de l'amortissement. Facteur de qualité. | On met l'équation différentielle sous une forme canonique. |
| Oscillateur harmonique à un degré de liberté amorti par frottement visqueux et soumis à une excitation sinusoïdale. Régime transitoire. Régime établi. Résonance en élongation, en vitesse. Analogie avec le dipôle *RLC* série. | On explique, à travers un exercice, la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètres, amortisseurs, accéléromètre…). On met l'accent sur les analogies formelles et comportementales entre les oscillateurs électriques et mécaniques. |
| Portrait de phase. | Il s'agit d'apprendre à lire, commenter et interpréter un portrait de phase sans avoir besoin de la solution analytique : savoir s'il y a ou non des frottements, identifier les positions d'équilibre stables ou instables, faire le lien entre le caractère fermé d'un portrait de phase et le caractère périodique du mouvement du point matériel. |

## 3.6 Théorème du moment cinétique

*Cette partie vise à construire une démarche adéquate pour traiter certaines situations en mécanique où la notion de moment cinétique est pertinente. À travers quelques exemples, l'élève est amené à assimiler le sens concret des grandeurs, vectorielles ou scalaires, utilisées ; c'est notamment pour cela que le bras de levier est introduit. Comme souligné précédemment, l'accent est mis sur l'identification des situations où le moment cinétique est conservé.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Moment cinétique d'un point matériel par rapport à un point et par rapport à un axe orienté.<br>Moment d'une force par rapport à un point et par rapport à un axe orienté.<br>Théorème du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen, théorème du moment cinétique par rapport à un axe fixe. Conservation du moment cinétique.<br><br>Application : pendule simple. | On relie la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement.<br>On calcule le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.<br>On insiste sur le fait que le théorème du moment cinétique fournit, pour un point matériel, une autre méthode pour obtenir des résultats accessibles par la deuxième loi de NEWTON ou par le théorème de l'énergie cinétique.<br>Le pendule simple est un exemple qui permet de mettre en oeuvre et de comparer simplement différentes méthodes pour obtenir l'équation du mouvement d'un point matériel.<br>*Activité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, mettre en évidence le non isochronisme des oscillations.* |

## 3.7 Mouvements dans un champs de forces centrales conservatives, mouvement Newtonien

*Dans cette partie, on s'attend à voir une discussion qualitative de la nature de la trajectoire sur un graphe donnant l'énergie potentielle effective. Pour établir les lois de KEPLER, on se limite au cas de la trajectoire circulaire. Le caractère elliptique des trajectoires associées à un état lié est simplement affirmé, puis on utilise les constantes du mouvement (moment cinétique et énergie mécanique) pour exprimer l'énergie de la trajectoire elliptique en fonction du demi-grand axe.*

| | |
|---|---|
| champs de force centrale. Conservation du moment cinétique. Mouvement plan. Loi des aires.<br>champs de force centrale conservatif.<br>Énergie potentielle. Conservation de l'énergie mécanique. Intégrale première de l'énergie. | On définit une force centrale comme étant une force dont le support passe par un point fixe. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Cas du champs Newtonien.<br>Utilisation d'une représentation graphique de l'énergie potentielle effective pour les interactions gravitationnelle et coulombienne.<br>Relation entre l'énergie mécanique et le type de trajectoire : états liés, états de diffusion.<br>Énoncé des lois de KEPLER.<br>Nature des trajectoires dans le cas d'une force attractive (ellipses, paraboles et hyperboles, existence de trajectoires circulaires) et dans le cas d'une force répulsive (diffusion de RHUTHERFORD).<br>Étude directe et propriétés particulières des trajectoires circulaires : satellite, planète, relation entre énergie cinétique et énergie potentielle, relation entre rayon et vitesse, troisième loi de KEPLER.<br>Étude des trajectoires elliptiques : relation entre l'énergie mécanique et le demi grand axe. | On assimile le champs gravitationnel d'un astre à symétrie sphérique à celui d'une masse ponctuelle. Cette hypothèse sera justifiée dans le cours d'électromagnétisme (théorème de GAUSS).<br>La connaissance des formules de BINET, du vecteur excentricité et des invariants dynamiques de LAPLACE ou RUNGE-LENZ n'est pas exigible.<br>À l'occasion de l'étude des mouvements dans un champs gravitationnel, on souligne l'identité de la masse inerte et de la masse gravitationnelle.<br>On établira la troisième loi de KEPLER dans le cas particulier de la trajectoire circulaire et on affirmera sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique.<br>On procède de même pour la relation entre l'énergie et le demi-grand axe.<br>On évoque les différentes orbites des satellites terrestres en fonction de leurs misions.<br>*Activité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, obtenir des trajectoires d'un point matériel soumis à un champs de force centrale conservatif.* |
| Satellites, géostationnaire, de localisation, de navigation et météorologique. | On différencie les orbites des satellites terrestres en fonction de leurs missions.<br>On détermine l'altitude d'un satellite géostationnaire et on justifie sa localisation dans le plan équatorial. |
| Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération. | On donne l'ordre de grandeur de ces vitesses en dynamique terrestre. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 3.8 Dynamique du point matériel dans un référentiel non galiléen

*Dans cette partie, on vise à compléter la démarche à adopter pour l'étude d'un problème de mécanique qui peut nécessiter de choisir un référentiel non galiléen. On introduit les forces inertielles en précisant qu'elles ne résultent pas d'une interaction fondamentale. L'accent est mis sur le mouvement de translation et le mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe.*

*L'élève doit être conscient que le choix d'un référentiel non galiléen peut dans certains cas s'avérer plus judicieux.*

| | |
|---|---|
| **Cinématique** | |
| Mouvement d'un référentiel par rapport à un autre. Cas particuliers du mouvement de translation et du mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe.<br>Vecteur instantané de rotation d'un référentiel par rapport à un autre. Définition des vitesses et des accélérations dans les deux référentiels.<br>Lois de composition des vitesses et accélérations : vitesse d'entraînement, vitesse relative, accélération relative, d'entraînement et de CORIOLIS. Application au mouvement de translation et au mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe. | À l'aide de la dérivée d'un vecteur de la base locale par rapport au référentiel absolu on introduit la notion du vecteur instantané de rotation.<br>On admet la relation fondamentale de la dérivation vectorielle.<br>La vitesse et l'accélération d'entraînement sont interprétées comme la vitesse et l'accélération d'un point (point coïncidant) d'un référentiel par rapport à l'autre. |
| **Dynamique dans un référentiel non galiléen** | |
| Principe de la relativité galiléenne. Référentiels galiléens.<br>Invariance galiléenne des forces d'interaction.<br>Lois de la dynamique du point en référentiel non galiléen. Forces d'inertie (pseudo-forces).<br>Dynamique du point en référentiel non galiléen dans le cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen. | On fait remarquer que les forces d'inertie ne résultent pas d'une interaction mais du caractère non galiléen du référentiel utilisé.<br>On décrit et on interprète les effets des forces d'inertie dans des cas concrets : sens de la force d'inertie d'entraînement dans un mouvement de translation ; caractère centrifuge de la force d'inertie d'entraînement dans le cas où le référentiel est en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Énergie potentielle d'entraînement. Caractère galiléen approché de quelques de référentiels d'utilisation courante : référentiel de COPERNIC, référentiel de KEPLER(héliocentrique), référentiel géocentrique, référentiel lié à la Terre.<br>Applications : définition du poids d'un point matériel, effet de marée. | à un référentiel galiléen.<br>Les applications concernent uniquement le cas où le référentiel entraîné est en translation ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.<br>On précise les conditions dans lesquelles on peut considérer certains référentiels comme galiléen. On estime, en ordre de grandeur, la contribution de la force d'inertie de CORIOLIS dans un problème de dynamique terrestre.<br>L'étude d'autres applications (déviation vers l'Est, pendule de FOUCAULT...) pourrait être faite en travaux dirigés. |

## 4 Introduction à la physique quantique

*Cette partie est structurée autour de la présentation d'expériences réalisées depuis le début du XXème siècle. Elle vise à questionner la représentation classique du monde, proposée dans les autres parties du programme. Les concepts essentiels abordés sont la dualité onde-particule, l'interprétation probabiliste de la fonction d'onde, l'inégalité d'HEISENBERG spatiale et la quantification de l'énergie dans les atomes. La réflexion sur les thèmes abordés ici est avant tout qualitative; toute dérive calculatoire exploitant les concepts propres à la physique quantique doit être évitée.*

*Les objectifs de cette partie sont :*

- *mettre en relation les effets quantiques avec les prédictions classiques;*
- *mobiliser ses savoir-faire sur les ondes pour interpréter les phénomènes quantiques;*
- *être en mesure de prévoir des effets quantiques grâce à des estimations numériques;*
- *passer de la description corpusculaire à une description ondulatoire d'une particule.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| Dualité onde-particule pour la lumière et la matière | |
|---|---|
| Limites de la mécanique classique.<br>Photon : énergie et impulsion.<br>Relation de PLANCK-EINSTEIN.<br>Onde de matière associée à une particule.<br>Relation de LOUIS DE BROGLIE. | On donne des ordres de grandeurs typiques intervenant dans des phénomènes quantiques.<br>Dans une réflexion qualitative et descriptive, on décrit l'exemple d'expérience mettant en évidence la nécessité de la notion de photon et celui d'expérience illustrant la notion d'ondes de matière.<br>Pour cette dernière, on signale que seuls un phénomène ondulatoire peut donner lieu à des interférence et on admet que la répartition des impacts sous la forme de bandes traduit le caractère ondulatoire de la matière. |
| **Introduction au formalisme quantique** | |
| Fonction d'onde $\Psi$ d'une particule sans spin. Densité de probabilité de présence. Interprétation probabiliste associée à la fonction d'onde : approche qualitative.<br>Inégalité d'HEISENBERG spatiale $\Delta x \Delta p_x \geqslant \hbar$. | On interprète une expérience d'interférences (matière ou lumière) « particule par particule » en termes probabilistes.<br>À l'aide d'une analogie avec la diffraction des ondes lumineuses vue en terminale, on établit l'inégalité d'HEISENBERG en ordre de grandeur. |
| **Quantification de l'énergie** | |
| Modèle planétaire de BOHR. Limites. | On fournit l'expression du moment cinétique orbital. On exploite ensuite l'hypothèse de quantification du moment cinétique orbital pour obtenir l'expression des niveaux d'énergie électronique de l'atome d'hydrogène. |

## 5 Thermodynamique

L'enseignement de la thermodynamique se répartit sur les deux années. En première année, l'enseignement de la thermodynamique est limité à l'étude du corps pur. Cet enseignement est

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières



fondé sur le concept de fonction d'état d'équilibre : les différents concepts utilisés dérivent donc des fonctions d'état. On définit notamment les capacités thermiques comme des dérivées partielles de l'énergie interne et de l'enthalpie. Lorsque le système étudié ne relève pas du modèle du gaz parfait ou du modèle d'une phase condensée incompressible et indilatable, les expressions des équations d'état et des fonctions d'état doivent être fournies. Pour une grandeur extensive $A$ on note $a$ la grandeur massique associée et $A_m$ la grandeur molaire associée.

Cette partie fait appel aux notions élémentaires sur les fonctions de deux variables : différentielle, dérivées partielles. Il convient de savoir exprimer les principes de la thermodynamique au cours d'une évolution infinitésimale.

On note le long du cours $\Delta X$ comme variation de la grandeur $X$ entre deux états macroscopiques initial et final, $\delta X$ une quantité élémentaire de la grandeur $X$ et $dX$ comme variation élémentaire d'une grandeur d'état $X$.

Les objectifs généraux de cette partie sont :

- définir un système qui permette de faire les bilans nécessaires à l'étude ;
- réaliser des bilans d'énergie ;
- faire le lien entre un système réel et sa modélisation ;
- comprendre qu'il peut exister plusieurs modèles de complexité croissante pour rendre compte des observations expérimentales ;
- utiliser des tableaux de données ou des représentations graphiques complexes ;
- orienter l'enseignement de la thermodynamique vers des applications industrielles réelles grâce à l'utilisation des diagrammes.

## 5.1 Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre

| | |
|---|---|
| Échelles microscopique, mésoscopique et macroscopique. | On définit les trois échelles de description de la matière. |
| Libre parcours moyen. | On donne quelques ordres de grandeur de libres parcours moyens. |
| État microscopique et état macroscopique. | On précise les paramètres nécessaires à la description d'un état microscopique et d'un état macro- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie).<br>Vitesse quadratique moyenne.<br>Pression cinétique.<br>Température cinétique. Exemples : gaz parfait monoatomique, $E_c = \frac{3}{2}k_B T$ et gaz parfait diatomique, $E_c = \frac{5}{2}k_B T$. | scopique sur un exemple.<br>On se limite à évoquer l'homogénéité et l'isotropie de la distribution des vitesses moléculaires d'un gaz.<br>L'étude du gaz parfait sert à introduire le vocabulaire de la thermodynamique sans formalisme excessif : système homogène, pression, température, équilibre thermodynamique, variable extensive, variable intensive, équation d'état, fonction d'état.<br>Un des objectifs du programme est de faire apparaître ce qui est particulier au gaz parfait monoatomique, ce qui est généralisable au gaz parfait et ce qui est généralisable aux fluides réels.<br>Pour établir la relation entre la pression cinétique et la vitesse quadratique moyenne, on considère le cas d'un gaz parfait monoatomique où toutes les particules sont animées de la même vitesse égale à la vitesse quadratique.<br>On utilise un modèle unidirectionnel avec une distribution discrète de vitesse pour montrer que la pression est proportionnelle à la masse des particules, à la densité particulaire et à la vitesse quadratique moyenne au carré.<br>On calcule l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait.<br>La loi de distribution des vitesses et le théorème du viriel sont hors programme. |
| Système thermodynamique : définition du système, système ouvert, système fermé, système isolé. | On définit ces systèmes et on donne des exemples. |
| État d'équilibre thermodynamique d'un système soumis aux seules forces de pression.<br>Variables thermodynamiques d'états, pression, | On calcule la pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique et on déduit la température d'une condition d'équilibre thermique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| température, volume, équation d'état.<br>Grandeur extensive, grandeur intensive.<br>Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible.<br>Équation d'état d'un gaz parfait. | On cite quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température. |
| Écart au modèle du gaz parfait. Notion de gaz réel. | On compare le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de CLAPEYRON ou d'AMAGAT.<br>L'équation d'état du gaz de VAN DER WAALS peut être donnée. |
| Coefficients thermoélastiques | On définit les coefficients $\alpha$, $\beta$ et $\chi_T$. |

## 5.2 Statique des fluides dans un référentiel galiléen

*Cette partie est conçue pour introduire sur le support concret de la statique des fluides le principe du découpage d'un domaine physique (volume, surface) en éléments infinitésimaux et de la sommation d'une grandeur extensive (force) pour ce découpage.*

*Un des objectifs est de montrer dans cette partie l'intérêt d'un formalisme spécifique - utilisation de l'opérateur gradientpour passer à une formulation universelle d'une loi de la physique.*

*La statique des fluides permet également d'introduire le facteur de BOLTZMANN dont on affirme la généralité.*

| | |
|---|---|
| Forces surfaciques, forces volumiques.<br>champs de pression. Résultante de forces de pression. Équivalent volumique des forces de pression. | On se limite au cas du champs de pesanteur uniforme.<br>On cite des ordres de grandeur des champs de pression dans le cas de l'océan et de l'atmosphère. |
| Équation fondamentale de la statique des fluides dans le champs de pesanteur uniforme. Forme locale de l'équation locale de la statique des fluides.<br>Cas d'un fluide incompressible et homogène.<br>Cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du | On établit l'équation fondamentale de la statique des fluides projetée sur un axe en écrivant la relation d'équilibre pour une tranche élémentaire de fluide.<br>Cette étude permet de justifier par un calcul d'ordre |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| gaz parfait.<br>Facteur de BOLTZMANN. | de grandeur que la pression dans un gaz est en général considérée comme uniforme en thermodynamique.<br>Par ailleurs cette étude permet de reconnaître un facteur de BOLTZMANN et de faire apparaître son rôle. |
| Poussée d'ARCHIMÈDE. | On admettra le théorème d'ARCHIMÈDE . |

## 5.3 Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé

*Concernant les bilans d'énergie abordés dans cette partie, les expressions des fonctions d'état $U_m(T, V_m)$ et $H_m(T, P)$ sont données si le système ne relève pas du modèle gaz parfait ou du modèle de la phase condensée incompressible et indilatable.*

| | |
|---|---|
| Transformation thermodynamique subie par un système.<br>Évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme.<br>Notion de transformation quasi-statique. | On exploite les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final. |
| Travail échangé par un système, cas particulier du travail des forces de pression. Interprétation géométrique du travail des forces de pression dans un diagramme de CLAPEYRON. Transformations, isochore et monobare. | |
| Transferts thermiques.<br>Transformation adiabatique.<br>Thermostat, transformations monotherme et isotherme. | On distingue qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement.<br>On identifie dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat. |
| Énergie interne $U$ d'un système, fonction d'état thermodynamique. Extensivité de l'énergie interne. | Le premier principe est énoncé dans le cas général faisant intervenir un terme d'énergie mécanique macroscopique.<br>On souligne que le premier principe est un prin- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Premier principe de la thermodynamique : $\Delta U + \Delta E_m = Q_e + W$.<br>Forme infinitésimale :$dU + dE_m = \delta W + \delta Q_e$<br>Enthalpie d'un système, fonction d'état thermodynamique. Extensivité de l'enthalpie.<br>Capacité thermique à volume constant.<br>Capacité thermique à pression constante. | cipe de conservation.<br>On insiste sur la démarche pour évaluer le transfert thermique $Q_e$ et de travail $W$ lors d'une évolution d'un système fermé.<br>On fait le bilan de l'énergie interne ($U$) et de l'enthalpie ($H$) pour des transformations simples tout en insistant sur la notion de fonction d'état. |
| Détente de Joule - Gay Lussac. Détente de Joule - Thomson. | L'énergie interne est utilisée d'une part pour l'étude de la détente de Joule - Gay Lussac et d'autre part pour exprimer le transfert thermique lors d'une évolution à volume constant, notamment en chimie.<br>L'enthalpie est utilisée d'une part pour l'étude de la détente de Joule - Thomson et d'autre part pour exprimer le transfert thermique lors d'une évolution à pression constante, notamment en chimie.<br>On insiste sur l'intérêt de ces détentes pour l'étude des fluides réels. |
| Applications au gaz parfait. Lois de Joule.<br>Capacité thermique à volume constant et capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait. | On exprime l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température.<br>On exploite la propriété $U_m = U_m(T)$ pour un gaz parfait et on exprime l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne. |
| Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée incompressible et indilatable.<br>Enthalpie et capacité thermique à pression constante d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable. | Pour les phases condensées, il s'agit simplement d'utiliser la relation approchée : $dU = C(T)dT$.<br>On utilise simplement, en le justifiant, la relation approchée $dH = C(T)dT$ en se limitant aux cas où on peut confondre $C_p$ et $C_V$. On donne quelques ordres de grandeur de la capacité thermique massique. |
| Approximation des phases condensées peu com- | On interprète graphiquement la différence de com- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| pressibles et peu dilatables. | pressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales.<br>On justifie que l'enthalpie molaire $H_m$ d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable $T$. |

## 5.4 Deuxième principe de la thermodynamique pour un système fermé

*Dans cette partie, on affirme que le second principe est un principe d'évolution. L'expression de la fonction d'état entropie est systématiquement donnée et sa construction n'est pas un objectif visé. On cite sans aucun développement quantitatif son interprétation en termes de désordre statistique, de façon à faciliter une interprétation intuitive des bilans d'entropie.*

| | |
|---|---|
| Entropie $S$, fonction d'état. Entropie créée, entropie échangée. Extensivité de l'entropie. | On interprète qualitativement l'entropie en termes en termes de désordre statistique à l'aide de la formule de BOLTZMANN que l'on admet. |
| Énoncé du deuxième principe : $\Delta S = S_e + S_c$ avec $S_e = \sum \frac{Q_{e,i}}{T_i}$.<br>Forme infinitésimale $dS = \delta S_e + \delta S_c$ avec $\delta S_e = \frac{\delta Q_e}{T_o}$ pour une évolution monotherme. | On affirme que le second principe est un principe d'évolution.<br>On réalise le bilan d'entropie pour des transformations particulières d'un système fermé et on analyse les causes d'irréversibilité. |
| Variation d'entropie d'un système.<br>Bilans entropiques. Notion de réversibilité.<br>Expressions différentielles des fonctions d'état. | On relie la création d'entropie à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité. |
| Pression et température thermodynamiques. | On affirme l'équivalence entre les définitions thermodynamiques et les définitions cinétiques de la pression et de la température. |
| Entropie d'un gaz parfait. Loi de LAPLACE.<br>Applications aux détentes de JOULE - GAY - LUSSAC et JOULE - THOMSON. | |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Entropie d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable. | On utilise simplement la relation approchée $dS = \frac{C(T)}{T}dT$ en se limitant aux cas où on peut confondre $C_P$ et $C_V$. |
| Troisième principe de la thermodynamique. | On affirme que le troisième principe est un principe de référence. |

## 5.5 Changement de phase d'un corps pur

| | |
|---|---|
| Notion générale sur le changement de phase (ou d'état) solide-liquide-gaz.<br>Conditions d'équilibre.<br>Formule de CLAPEYRON.<br>Diagramme de phase. Diagramme (P, T) : pression et température de coexistence. Point triple. Point critique.<br>Enthalpie associée à une transition de phase : enthalpie de fusion, enthalpie de vaporisation, enthalpie de sublimation.<br>Variation des fonctions d'état lors d'un changement de phase.<br>Relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{12}(T) = T\Delta s_{12}(T)$. | On afirme la formule de CLAPEYRON. |
| Cas de l'équilibre liquide-vapeur : diagramme de Clapeyron $(P, v)$, isothermes d'ANDREWS, composition du mélange diphasé, titre en vapeur, théorème des moments, stockage des fluides. | On utilise les diagrammes $(P, T)$ et $(P, v)$.<br>On établit le théorème des moments.<br>On explique la problématique du stockage des fluides. |

## 5.6 Étude des machines thermiques

*L'enseignement de la thermodynamique dans cette partie est orienté vers des applications industrielles réelles et motivantes.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Machines dithermes : moteur thermique, machine frigorifique et pompe à chaleur.<br>Application du premier principe et du deuxième principe de la thermodynamique aux machines dithermes.<br>Rendement, efficacité. Théorème de CARNOT. | On montre l'impossibilité de réaliser un moteur monotherme cyclique. On précise le sens des échanges énergétiques pour un moteur et un récepteur thermique dithermes.<br>Outre l'étude générale des divers types de machines dithermes cycliques, on analyse et on modélise une machine réelle au choix en insistant sur la modélisation des évolutions. Cette présentation ne fait l'objet de l'acquisition d'aucune connaissance spécifique exigible.<br>On donne quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles |
| Premier et second principes de la thermodynamique pour un système ouvert en écoulement permanent unidimensionnel : $\Delta h + \Delta e_c + \Delta(gz) = w_u + q_e$ et $\Delta s = s_e + s_c$. | On établit les expressions des deux principes. On étudie des exemples de machines dithermes réelles à l'aide de diagrammes $(P, h)$. |
| Principe de la cogénération. | On explique le principe de la cogénération. |

## 6 Électromagnétisme

L'étude de l'électrostatique et de la magnétostatique est centrée sur les propriétés des champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ et non sur les calculs. Aucune technicité de calcul n'est donc recherchée dans l'évaluation des champs ; en revanche, on insiste sur la comparaison des propriétés respectives de $\vec{E}$ et $\vec{B}$ et sur la lecture des lignes de champs et des surfaces équipotentielles.

On montre sur des exemples que l'étude de l'électromagnétisme en régime statique n'est pas un objectif en soi ; mais que c'est une discipline qui permet aussi de fournir des modèles mathématiques adaptables à de nombreux domaines.

On peut avantageusement utiliser un logiciel pour obtenir des cartes de lignes de champ. En revanche, l'utilisation d'un logiciel de calcul formel pour calculer des champs n'est pas un objectif du programme.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

Cette partie fait appel à des notions mathématiques nouvelles qu'il convient de présenter simplement en insistant sur leur contenu physique : les intégrales simples, doubles, triples, curvilignes doivent être présentées comme des sommes d'une grandeur physique élémentaire (flux, circulation, charge $\cdots$). Le calcul d'intégrales doubles et triples doit être évité en se limitant aux cas où les symétries permettent de ramener le calcul à celui d'une seule intégrale simple. Pour cela, l'accent est mis sur les situations à haut degré de symétrie qui permettent l'utilisation efficace des propriétés de flux ou de circulation.

En dehors de la relation entre le champs électrostatique et le potentiel dont il dérive, toute autre relation locale est exclue en première année.

Le condensateur plan est introduit mais l'étude des conducteurs en équilibre électrostatique ne relève pas du programme.

Les objectifs généraux de cette partie sont :

- maîtriser les notions de champs de scalaires, de champs de vecteurs et de flux d'un champs de vecteurs ;
- conduire des analyses de symétrie et d'invariance ;
- calculer des champs à l'aide de propriétés de flux ou de circulation ;
- utiliser la notion de moments électrique magnétique ;
- évaluer les actions d'un champs électrostatique (respectivement magnétique) extérieur sur un dipôle électrique (respectivement magnétique ou par analogie sur un aimant) ;
- connaître ou savoir évaluer des ordres de grandeur.

## 6.1 champs et potentiel électrostatiques

*Les notions abordées dans cette partie sont centrées sur l'essentiel : distributions de charges, champs et potentiel électrostatiques. L'accent est mis sur les propriétés intégrales du champs et sur le théorème de Gauss pour des situations présentant un haut degré de symétrie. Le condensateur plan est introduit mais l'étude des conducteurs en équilibre électrostatique ne relève pas du programme. Les analogies avec la gravitation sont centrées sur l'application du théorème de Gauss.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Loi de COULOMB dans le vide.<br>champs électrostatique créé par une charge ponctuelle et par un ensemble de charges ponctuelles.<br>Principe de superposition. | On donne quelques ordres de grandeur de valeurs de champs électrostatiques. |
| Distributions macroscopiques de charges réparties, densité volumique de charge.<br>Modélisation à l'aide d'une densité surfacique ou linéique de charge.<br>Relation entre les densités de charges de deux types de distributions modélisant une même situation.<br>Recherche des plans de symétrie et d'antisymétrie, recherche des invariances par rotation, par translation, pour les distributions de charges. | On détermine la charge totale d'une distribution continue dans des situations simples. |
| Circulation du vecteur champs électrostatique. Potentiel électrostatique. Expression de l'opérateur gradient en coordonnées cartésiennes. Relation locale $\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}(V)$.<br>Topographie : lignes de champ, tube de champs et surfaces équipotentielles.<br>Propriétés de symétrie et d'invariance du champs et du potentiel électrostatiques.<br>Caractère polaire du champs électrostatique. | On montre le lien entre la circulation du champs électrostatique et le travail de la force électrostatique.<br>On fait le lien avec la notion de potentiel utilisée dans le cours d'électrocinétique.<br>Sur des exemples de cartes de champs et de potentiel électrostatiques, on fait apparaître le lien entre les propriétés de symétrie des sources (distributions de charges) et celles de leurs effets (champs et potentiel). On pourra pour cela utiliser un logiciel de simulation ou de calcul formel.<br>Pour déterminer un champs électrostatique à partir du potentiel, l'expression de l'opérateur gradient est fournie dans le cas des coordonnées sphériques et cylindriques.<br>*Activité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, tracer quelques lignes de champs pour une distribution donnée.* |
| Application : champs et potentiel créés par un disque uniformément chargé, cas d'un plan illimité, | |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| mise en évidence de la discontinuité.<br>Flux du vecteur champs électrostatique. Théorème de GAUSS. | On admet le théorème de GAUSS.<br>La notion d'angle solide est hors programme. |
| Applications : champs et potentiel créés par un fil rectiligne et un plan, illimités et uniformément chargés, par un cylindre illimité et une sphère, chargés uniformément en surface et en volume. | On met en évidence le fait que le champs électrostatique en un point des sources n'est pas défini lorsque celles-ci sont modélisées par une densité surfacique ou linéique de charge.<br>On met en évidence l'équivalence du champs électrostatique d'une distribution à symétrie sphérique à celui d'une charge ponctuelle. Les relations de passages ne sont pas au programme de première année. |
| Analogie formelle avec le champs de gravitation : théorème de GAUSS pour le champs de gravitation.<br>Application : équivalence du champs de gravitation d'une distribution à symétrie sphérique à celui d'une masse ponctuelle. | On transpose le théorème de GAUSS au cas de la gravitation. |
| Énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle dans un champs électrostatique extérieur.<br>Relation entre la force et le gradient de l'énergie potentielle.<br>Énergie d'interaction d'un système de charges discret. | On établit l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champs électrostatique extérieur.<br>On signale que la relation $\overrightarrow{F} = -\overrightarrow{\text{grad}}(E_p)$, tout comme le travail en mécanique, permet de définir le concept de force conservative. |
| Étude du condensateur plan dans le vide, expression de sa capacité.<br>Énergie d'un condensateur. Densité volumique d'énergie électrique. | On définit un condensateur plan dans le vide comme la superposition de deux distributions surfaciques, de charges opposées. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 6.2 Dipôle électrostatique

*Cette partie a pour objectifs, de définir le dipôle électrostatique modélisé par un doublet rigide de deux charges ponctuelles, d'exploiter les propriétés de symétrie du modèle étudié et d'étudier les effets d'un champs électrostatique extérieur sur un dipôle électrostatique rigide. L'accent est mis sur les effets qualitatifs.*

| | |
|---|---|
| Dipôle électrostatique : définition et modélisation. Moment dipolaire. | On prend comme modèle un doublet rigide de deux charges ponctuelles $+q$ et $-q$.<br>On évalue des ordres de grandeur du moment dipolaire dans le domaine microscopique. |
| Approximation dipolaire : potentiel et champs créés à grande distance. Lignes de champs et surfaces équipotentielles d'un dipôle électrostatique. | On explicite les conditions de l'approximation dipolaire. Le potentiel et le champ créés sont exprimés à la fois en coordonnées sphériques et sous forme intrinsèque.<br>On définit de façon plus générale les notions de distribution dipolaire de charges et de moment dipolaire. Ceci permet de faire le lien avec la chimie : on pourra alors à travers un exemple expliquer les interactions ion-dipôle ou dipôle - dipôle lors de la mise en solution aqueuse d'un soluté.<br>On affirme que les expressions du potentiel et du champ créés à grande distance d'une distribution dipolaire sont identiques à celles d'un doublet.<br>Tout développement multipolaire est hors programme. |
| Dipôle électrostatique rigide placé dans un champs électrostatique extérieur : actions subies et énergie potentielle d'interaction.<br>■ cas d'un champs uniforme ;<br>■ cas d'un champs non uniforme. | On établit et on exploite les expressions des actions mécaniques subies par un doublet de charges dans un champs électrostatique extérieur uniforme. On montre que l'action subie par le dipôle rigide se réduit à un couple dans le cas d'un champs uniforme.<br>On exploite l'expression fournie de la force subie |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | par un dipôle placé dans un champs électrostatique extérieur non uniforme.<br>On met en évidence la tendance des dipôles à s'aligner sur le champs et à se déplacer vers les zones de champs fort. |

## 6.3 champs magnétostatique

*Cette partie vise à relier le champs magnétique et ses sources ; l'accent est mis sur le concept de champs vectoriel, l'analyse des symétries et des invariances, l'exploitation des représentations graphiques et la connaissance d'ordres de grandeur.*

| | |
|---|---|
| Distributions de courant électrique. Vecteur densité de courant volumique. Intensité du courant.<br>Relation entre l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant volumique.<br>Modélisation à l'aide d'une densité surfacique ou linéique du courant électrique.<br>Recherche des plans de symétrie et d'antisymétrie, recherche des invariances par rotation, par translation, pour les distributions de courant. | On donne quelques ordres de grandeur de courants électriques.<br>Relation entre les densités de charges de deux types de distributions modélisant une même situation. |
| champs magnétostatique : loi de BIOT et SAVART pour les circuits fermés filiformes.<br>Principe de superposition.<br><br>Topographie : lignes de champs et tubes de champ.<br>Propriétés de symétrie du champs magnétostatique.<br>Caractère axial du champs magnétostatique. | On donne des ordres de grandeur de champs magnétostatiques : au voisinage d'aimants, dans une machine électrique, dans un appareil d'IRM, dans le cas du champs magnétique terrestre…<br>Les équations différentielles des lignes de champs et leur intégration sont exclues en première année.<br>Sur des exemples de cartes de champs magnétique, on fait apparaître le lien entre les propriétés de symétrie des sources et celles du champs créé.<br>On peut comparer des spectres magnétiques avec des cartes de champs tracées à l'aide d'un logiciel. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Applications : champs d'une spire circulaire et d'un solénoïde à section circulaire en un point de leurs axes. | Aucune technicité de calcul ne doit être recherchée. |
| Flux du champs magnétostatique, conservation du flux magnétique. | On admet que le flux du champs magnétostatique se conserve à travers une surface fermée. |
| Circulation du champs magnétostatique, théorème d'Ampère. | On admet le théorème d'Ampère |
| Applications : champs magnétostatique créé par, un fil rectiligne infini de section nulle, un fil rectiligne infini de section non nulle, une nappe infinie de courant surfacique, un solénoïde infini et une bobine torique. Mise en évidence de la discontinuité. | |

## 6.4 Dipôle magnétique

*Cette partie a pour objectifs, de définir le moment magnétique d'une boucle de courant plane en prenant comme modèle la spire circulaire, d'exploiter les propriétés de symétrie du modèle étudié et d'étudier les effets d'un champs magnétostatique extérieur sur un dipôle magnétique rigide.*

| | |
|---|---|
| Dipôle magnétique : définition et modélisation, moment magnétique. | On prend comme modèle la spire circulaire ; on définit son moment magnétique $\overrightarrow{M}$.<br>On donne des ordres de grandeur du moment magnétique dans les domaines macroscopique et microscopique. |
| Approximation dipolaire.<br>champs magnétique créé à grande distance par un dipôle magnétique. | On explicite les conditions de l'approximation dipolaire.<br>On admet l'expression du champs magnétique à la fois en coordonnées sphériques et sous forme intrinsèque et on souligne l'analogie avec celle du champs électrostatique créé par un dipôle électrostatique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Lignes de champ. | On présente et on exploite les propriétés de symétrie du modèle étudié.<br>On signale que les lignes de champs du dipôle électrostatique et du dipôle magnétique sont différentes. En conclusion de cette partie, on compare les propriétés des champs électrostatiques et magnétostatique, en particulier leur topographie et leurs symétries respectives. |
| Actions d'un champs magnétostatique extérieur sur un dipôle magnétique rigide.<br>Énergie potentielle d'interaction d'un dipôle magnétique dans un champs magnétique extérieur. | On exploite les expressions fournies des actions mécaniques subies par un dipôle magnétique dans un champs magnétostatique extérieur uniforme, puis non uniforme.<br>On met en évidence la tendance des dipôles magnétiques à s'aligner sur le champs et à se déplacer vers les zones de champs fort. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# ANNEXES

## 1 Liste de matériel de physique

Le standard national du matériel des CPGE donne la liste globale et détaillée du matériel nécessaire à la mise en oeuvre du programme de physique et chimie en ces classes.

Le tableau ci-dessous donne le matériel nécessaire à la mise en oeuvre des programmes et que les élèves doivent savoir utiliser lors d'une évaluation pratique avec l'aide d'une notice simplifiée. Une utilisation de matériel hors de cette liste lors d'épreuves d'évaluation n'est pas exclue, mais elle doit obligatoirement s'accompagner d'instructions appropriées et d'une introduction guidée suffisamment détaillée.

| Domaine | Matériel |
|---|---|
| 1. Optique | – Goniomètre<br>– Viseur à frontale fixe<br>– Lunette auto-collimatrice<br>– Spectromètre à fibre optique<br>– Laser à gaz et diode laser<br>– Sources de lumière spectrales<br>– Source de lumière blanche à condenseur |
| 2. Électronique | – Oscilloscope numérique<br>– Carte d'acquisition et logiciel dédié<br>– Générateur de signaux électrique Basse Fréquence avec modulation interne en fréquence et sortie d'une tension image de la fréquence<br>– Alimentation stabilisée en tension |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | – Multimètre numérique<br>– Multiplieur analogique<br>– Microcontrôleur |
| 3. Mécanique | – Capteur de force<br>– Accéléromètre<br>– Stroboscope<br>– Appareil photo numérique<br>– Pendule simple et pendule pesant<br>– Matériels de chute libre |
| 4. Thermodynamique | – Capteur de pression<br>– Webcam avec logiciel dédié<br>– Caméra thermique<br>– Thermomètre<br>– Thermocouple<br>– Thermistance<br>– Capteur infra-rouge<br>– Calorimètre<br>– Machines thermiques dithermes |
| 5. Électromagnétisme | – Teslamètre<br>– Balance de COTON |

## 2 Outils mathématiques pour la physique

*L'utilisation d'outils mathématiques est indispensable en sciences physiques. La capacité à mettre en œuvre de manière autonome certains de ces outils mathématiques dans le cadre des activités relevant de la physique fait partie des compétences exigibles à la fin de la première année. Le tableau ci-dessous explicite ces outils ainsi que le niveau de maîtrise attendu en fin de première année. Il est complété dans le programme de seconde année. Cependant les situations dont la gestion manuelle ne relèverait que de la technicité sont traitées à l'aide d'outils numériques (calculatrices, logiciels de calcul numérique).*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| Programme | Savoir-faire mathématique exigible |
|---|---|
| **Équations algébriques :** | |
| Systèmes linéaires de $n$ équations à $p$ inconnues. | Identifier les variables (inconnues) nécessaires à la modélisation du problème sous forme d'un système d'équations linéaires. On donne l'expression formelle des solutions dans le seul cas $n = p = 2$. |
| Équations non linéaires. | Représenter graphiquement une équation de la forme $f(x) = g(x)$ et interpréter graphiquement la ou les solutions. |
| **Équations différentielles linéaires et non linéaires** | |
| Équations différentielles linéaires à coefficients constants.<br>Forme canonique. | Identifier l'ordre d'une équation différentielle.<br>Mettre l'équation sous forme canonique. |
| Équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants : $y' + ay = f(x)$. | Trouver la solution générale de l'équation sans second membre (équation homogène). |
| Équations différentielles linéaires du deuxième ordre à coefficients constants $y'' + ay' + by = f(x)$. | Trouver l'expression des solutions lorsque $f(x)$ est constante ou de la forme $A\cos(\omega t+\varphi)$ (en utilisant la notation complexe). |
| Autres équations différentielles d'ordre 1 ou 2. | |
| Exemples d'équations différentielles non linéaires. | Utiliser l'équation caractéristique pour trouver la solution générale de l'équation sans second membre.<br>Prévoir le caractère borné ou non de ses solutions (critère de stabilité).<br>Trouver l'expression des solutions lorsque $f(x)$ est constante ou de la forme $A\exp(\lambda x)$ avec $\lambda$ complexe.<br>Trouver la solution de l'équation complète corres- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | pondant à des conditions initiales données. Représenter graphiquement cette solution.<br>Obtenir une intégrale première d'une équation de NEWTON $x'' = f(x)$ et l'exploiter graphiquement.<br>Séparer les variables d'une équation du premier ordre à variables séparables.<br>Faire le lien entre les conditions initiales et le graphe de la solution correspondante. |
| **Fonctions :** | |
| Fonctions usuelles. | Exponentielle, logarithme népérien et décimal, cosinus, sinus, tangente, puissance réelle ($x \to x^a$). |
| Dérivée. Dérivée d'une fonction composée. Dérivée temporelle d'une fonction, notation $\frac{dx}{dt}$. | |
| Développement limité d'une fonction d'une variable au voisinage d'une valeur de la variable. Formule de TAYLOR à l'ordre un ou deux ; interprétation graphiquement | Utiliser la formule de TAYLOR à l'ordre un ou deux ; interpréter graphiquement. Connaître et utiliser les développements limités à l'ordre 1 des fonctions : $(1+x)^\alpha$ ; $\ln(1+x)$ ; $\exp(x)$ et à l'ordre 2 des fonctions $\cos(x)$ et $\sin(x)$. |
| Primitive et intégrale. | Interpréter l'intégrale comme une somme de contributions infinitésimales, en lien avec la méthode des rectangles en mathématiques. |
| Valeur moyenne. | Exprimer la valeur moyenne sous forme d'une intégrale. Connaître la valeur moyenne sur une période des fonctions $\cos(x)$ ; $\sin(x)$ ; $\cos^2(x)$ et $\sin^2(x)$. |
| Représentation graphique d'une fonction. | Déterminer un comportement asymptotique ; rechercher un extremum local.<br>Utiliser des échelles logarithmiques ; identifier une loi de puissance à une droite en échelle log-log. |
| **Géométrie dans $\mathbb{R}^2$ et $\mathbb{R}^3$ :** | |
| Vecteurs et système de coordonnées. | Exprimer les coordonnées d'un vecteur dans une |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | base orthonormée. Utiliser les systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. |
| Projection d'un vecteur et produit scalaire, interprétation géométrique. | Interpréter géométriquement le produit scalaire et connaître son expression en fonction des coordonnées dans une base orthonormée.<br>Utiliser la bilinéarité et le caractère symétrique du produit scalaire. |
| Produit vectoriel, interprétation géométrique. | Interpréter géométriquement le produit vectoriel et connaître son expression en fonction des coordonnées dans une base orthonormée directe.<br>Utiliser la bilinéarité et le caractère antisymétrique du produit vectoriel.<br>Faire le lien avec l'orientation des trièdres. |
| Produit mixte.<br>Notions de dérivée temporelle d'un vecteur dans un référentiel donné.<br>Transformations géométriques, symétries par rapport à un plan, translations et rotations de l'espace.<br>Courbes planes. Courbes planes paramétrées. | |
| Longueurs, aires et volumes classiques. Barycentre d'un système de points. | Utiliser les symétries par rapport à un plan, les translations et les rotations de l'espace. Utiliser leur effet sur l'orientation de l'espace.<br>Reconnaître l'équation cartésienne d'une droite, d'un cercle.<br>Utiliser la représentation polaire d'une courbe plane ; utiliser un grapheur pour obtenir son tracé.<br>Identifier une ellipse à l'aide de sa représentation paramétrique $(x = a\cos(\omega t), y = a\cos(\omega t - \varphi))$ et la tracer dans les cas particuliers : $\varphi = 0$, $\varphi = \pi/2$ et $\varphi = \pi$.<br>Citer les expressions du périmètre d'un cercle, de |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | l'aire d'un disque, de l'aire d'une sphère, du volume d'une boule, du volume d'un cylindre.<br>Énoncer la définition du barycentre. Utiliser son associativité.<br>Exploiter les symétries pour prévoir la position du barycentre d'un système homogène. |
| **Trigonométrie :** | |
| Angle orienté, convention d'orientation des angles d'un plan (euclidien). Lecture des lignes trigonométriques dans un triangle rectangle, cas des petits angles. | Définir une convention d'orientation des angles d'un plan (euclidien) et lire des angles orientés.<br>Relier l'orientation d'un axe de rotation à l'orientation positive des angles d'un plan perpendiculaire à cet axe |
| Fonctions cosinus, sinus et tangente. | Utiliser le cercle trigonométrique et l'interprétation géométrique des fonctions cosinus, sinus et tangente comme aide-mémoire : relation $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$ ; relations entre fonctions trigonométriques et toutes relations du type $\cos(\pi \pm x)$ et $\cos(\pi/2 \pm x)$ parités, périodicité, valeurs des fonctions pour les angles usuels. |
| Nombres complexes et représentation dans le plan, partie réelle, la partie imaginaire, le module et l'argument d'un nombre complexe. Somme et produit de nombres complexes. | |
| Notation complexe, utilisée pour la résolution de l'équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants dont le second membre est une fonction sinusoïdale du temps. | Citer les formules d'addition et de duplication des cosinus et sinus ; utiliser un formulaire dans les autres cas.<br>Calculer et interpréter géométriquement la partie réelle, la partie imaginaire, le module et l'argument d'un nombre complexe. |
| **Analyse vectorielle :** | |
| Gradient d'un champs scalaire, lien entre le gra- | On fait le lien entre le gradient et la différentielle. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| dient et la différentielle. | Citer l'expression de la différentielle en fonction des dérivées partielles.<br>Citer l'expression du gradient en coordonnées cartésiennes ; utiliser un formulaire fourni en coordonnées cylindriques ou sphériques.<br>Utiliser le fait que le gradient d'une fonction $f$ est perpendiculaire aux surfaces iso-$f$ et orienté dans le sens des valeurs de $f$ croissantes. |

## 3 Outils numériques pour la physique

*La prise en compte de l'enseignement de l'informatique en sciences physiques est un défi important pour notre système éducatif. L'introduction d'activités numériques dans le programme des classes préparatoires prend en compte la place nouvelle des sciences numériques dans la formation des scientifiques notamment dans le domaine de la simulation. Elles offrent aux élèves la possibilité d'effectuer une modélisation avancée du monde réel, par exemples par la prise en compte d'effets non linéaires ou le test d'une loi.*

*En sciences physiques, l'utilisation des outils numériques de codage en langage Python est centrée sur la découverte de cet outil de programmation et l'exploitation de fonctions extraites de ses diverses bibliothèques. Python - muni de ses nombreuses bibliothèques - est devenu le langage de référence dans les classes préparatoires scientifiques. Il peut être utilisé comme : simple calculatrice, outil de résolution, visualisation graphique (avec Matplotlib), simulation numérique (NumPy/SciPy), calcul formel (SymPy), réalisation d'interface graphique (TKinter, PyQt...), production de sites...*

*Les activités numériques de codage fixées dans ce programme permettent aux élèves de développer des connaissances et des savoir-faire utiles à la physique comme le raisonnement, la logique ou la décomposition d'un problème complexe en étapes plus simples.*

*Le tableau ci-dessous explicite les outils relatifs aux activités numériques ainsi que les savoir-faire exigibles en fin de première année. Il sera complété dans le programme de physique de seconde année.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Mesures et incertitudes
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
Compte-rendu
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Physique quantique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| Programme | Savoir-faire exigible |
|---|---|
| **Outils numériques** | |
| Représentation graphique d'un nuage de points. | Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque `matplotlib` pour représenter un nuage de points |
| Représentation graphique d'une fonction. | Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque `matplotlib` pour tracer la courbe représentative d'une fonction. |
| Courbes planes paramétrées | Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque `matplotlib` pour tracer une courbe plane paramétrée. |
| **Équations algébriques :** | |
| Résolution d'une équation algébrique ou d'une équation transcendante : méthode dichotomique. | Déterminer, en s'appuyant sur une représentation graphique, un intervalle adapté à la recherche numérique d'une racine par une méthode dichotomique.<br>Mettre en oeuvre une méthode dichotomique afin de résoudre une équation avec une précision donnée. Utiliser la fonction `bisect` de la bibliothèque `scipy.optimize` (sa spécification étant fournie). |
| **Intégration - Dérivation** | |
| Calcul approché d'une intégrale sur un segment par la méthode des rectangles. | Mettre en oeuvre la méthode des rectangles pour calculer une valeur approchée d'une intégrale sur un segment. |
| Calcul approché du nombre dérivé d'une fonction en un point. | Utiliser un schéma numérique pour déterminer une valeur approchée du nombre dérivé d'une fonction en un point |

| | |
|---|---|
| **Équations différentielles** | |
| Équations différentielles d'ordre 1. | Mettre en oeuvre la méthode d'EULER explicite afin de résoudre une équation différentielle d'ordre 1. |
| Équations différentielles d'ordre supérieur ou égal à 2 | Transformer une équation différentielle d'ordre n en un système différentiel de n équations d'ordre 1.<br>Utiliser la fonction `odeint` de la bibliothèque `scipy.integrate` (sa spécification étant fournie). |
| **Probabilités - statistiques** | |
| Variable aléatoire. | Utiliser les fonctions de base des bibliothèques `random` et/ou `numpy` (leurs spécifications étant fournies) pour réaliser des tirages d'une variable aléatoire.<br>Utiliser la fonction `hist` de la bibliothèque `matplotlib.pyplot` (sa spécification étant fournie) pour représenter les résultats d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire. Déterminer la moyenne et l'écart-type d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire. |
| Régression linéaire. | Utiliser la fonction `polyfit` de la bibliothèque `numpy` (sa spécification étant fournie) pour exploiter des données.<br>Utiliser la fonction `random.normal` de la bibliothèque `numpy` (sa spécification étant fournie) pour simuler un processus aléatoire. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques



# Chimie

## 1 Préambule

### 1.1 Objectifs de formation en chimie

La révision des programmes de chimie des classes préparatoires vise à mettre l'accent sur les particularités des méthodes et démarches de cette science, en insistant particulièrement sur la pratique expérimentale et l'activité de modélisation. Le programme réserve une place importante aux concepts dans une perspective concrète et contextualisée. Le but est de donner aux élèves une vision attrayante de la chimie, avec une bonne compréhension des phénomènes étudiés. Ce programme de chimie ambitionne de faire percevoir aux élèves la portée unificatrice et universelle des lois et concepts de la chimie. Il aspire aussi à leur faire sentir les spécificités de la démarche de modélisation visant à établir un lien entre le « monde des faits » et le « monde des modèles » . Cependant, la mise en équation et la résolution mathématique des situations ne doivent pas prendre le dessus sur la compréhension des phénomènes chimiques. Un autre point fort de la chimie, qu'il est bon de souligner, est sa connexion intime avec les autres disciplines scientifiques comme par exemples la physique et la biologie. Il convient que les problématiques abordées, les illustrations et les applications prennent largement appui sur des transformations chimiques rencontrées dans la vie courante, au laboratoire, en milieu industriel ou dans le monde du vivant.

Ce programme attache une grande importance à l'instauration d'une continuité suffisante entre le programme de chimie des classes préparatoires et ceux des classes antérieures. D'un autre côté le programme est bâti de sorte que les connaissances et les savoir-faire des élèves soient compatibles avec la suite de leur formation dans le système des écoles d'ingénieurs ou le cas échéant dans l'enseignement universitaire. D'ailleurs un soin particulier a été accordé aux passerelles entre l'enseignement universitaire et le système des classes préparatoires.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

L'accent sera mis sur la démarche scientifique, fondée sur des savoirs théoriques et des savoir-faire pratiques. L'approche expérimentale est censée développer chez l'élève des qualités inhérentes à toute science expérimentale, comme l'observation, la rigueur, la créativité, l'esprit d'initiative, et le sens critique. Dans ce sens, l'enseignement de la chimie est renforcé par une réhabilitation de la formation expérimentale des élèves à travers les travaux pratiques (TP) et les expériences de cours. Cette mesure vise à renforcer le côté expérimental chez l'élève et le familiariser, le plus possible, avec les méthodes et le matériel utilisés en chimie.

L'enseignement de la chimie est enrichi par l'introduction d'activités numériques qui permettront d'aborder de nombreux champs de la discipline. L'introduction d'activités numériques dans l'enseignement de chimie dans les classes préparatoires prend en compte la place nouvelle des sciences numériques dans la formation des scientifiques notamment dans le domaine de la simulation. Dans cet esprit, la prise en compte de capacités de codage en langage Python dans la formation des élèves de 1ère année MPSI inclue l'utilisation de fonctions extraites de diverses bibliothèques. Elle vise à une meilleure appréhension des principes mis en œuvre par les différents logiciels de traitement des données dont l'utilisation est par ailleurs toujours recommandée. Elle a aussi pour objectif de mobiliser ces capacités dans un contexte concret, celui de la chimie. Cette formation par le codage permet également de développer des savoir-faire utiles à la chimie comme le raisonnement, la logique ou la décomposition d'un problème complexe en étapes plus simples. Ces activités offrent aux élèves la possibilité :

- d'effectuer une modélisation avancée du monde réel, permettant de décrire plus finement le monde réel ;
- de réaliser un programme complet structuré allant de la prise en compte de données expérimentales à la mise en forme des résultats permettant de résoudre un problème scientifique donné ;
- d'étudier l'effet d'une variation des paramètres sur le temps de calcul, sur la précision des résultats, sur la forme des solutions pour des programmes d'ingénierie numérique choisis ;
- d'utiliser les fonctions de l'environnement logiciel pour résoudre un problème scientifique mis en équation lors des enseignements de chimie ;
- d'utiliser les fonctions de l'environnement logiciel pour afficher les résultats sous forme graphique ;
- de tenir compte des aspects pratiques comme l'impact des erreurs d'arrondi sur les résultats,

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

le temps de calcul ou le stockage en mémoire.

Pour certains thèmes, les *activités numériques* à développer sont explicitement signalées en *caractères gras italiques* dans la colonne des commentaires du tableau des contenus thématiques. Deux *activités numériques* sont associées au thème *Mesures et incertitudes*. Elles définissent des savoir-faire numériques exigibles. Une simulation informatique en langage Python est requise. Dans ce cas, le professeur mettra à la disposition de ces élèves, un exemple de programme informatique écrit dans ce langage de programmation familier à l'élève en cours d'informatique. Les outils numériques développés pourront être largement appliqués lors des différentes activités d'enseignement et particulièrement lors des évaluations écrites et orales réalisées en classe.

Avec un code préalablement écrit, le professeur et l'élève pourront mettre en œuvre les outils numériques :

- avant une activité pour la préparer : estimer une incertitude, ajuster des valeurs expérimentales, comparer des prévisions théoriques et des observations expérimentales, prolonger informatiquement l'expérience, préparer un exercice, réaliser une illustration (calcul, courbe, animation…) ;
- pendant l'activité : faire un exercice, présenter une illustration… ;
- après l'activité : rédiger un compte-rendu.

En plus des activités exigibles, on pourra utiliser l'outil informatique à chaque fois que celui-ci est susceptible d'apporter un gain de temps ou une meilleure illustration des enseignements. C'est ainsi qu'on pourra faire appel, selon les circonstances, à des logiciels de calcul formel et de représentation graphique, ou à des banques de données.

L'esprit de la démarche scientifique adoptée dans l'exécution du programme de chimie, empreinte de rigueur et de sens critique permanent, doit permettre à l'élève, sur toute question du programme :

- de communiquer l'essentiel des résultats sous forme claire et concise, tant à l'oral qu'à l'écrit ;
- d'en analyser le caractère de pertinence : modèle utilisé, limites du modèle, influence des paramètres, homogénéité des formules, symétries, interprétation des cas limites, ordres de grandeur et précision ;
- d'en rechercher l'impact pratique ;

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

- de devenir graduellement acteur de sa formation, qu'il comprenne mieux l'impact de la science et que, plus assuré dans ses connaissances, il soit préparé à poursuivre son cursus d'études dans les grandes écoles.

## 1.2 Repères pour l'enseignant

Lors de la mise en application du programme et dans le cadre de la liberté pédagogique, l'enseignant organise son enseignement en respectant les principes directeurs suivants :

- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- adopter une progressivité dans la difficulté des exercices de travaux dirigés permettant ainsi aux élèves l'assimilation, l'entraînement et l'approfondissement ;
- permettre et encadrer l'expression par les élèves de leurs conceptions initiales ;
- valoriser l'approche expérimentale ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des synthèses pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les appliquer dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements, notamment les mathématiques et l'informatique, commun à tous les élèves de la voie MPSI ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie et l'initiative des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe.

## 1.3 Communication à l'écrit et à l'oral

La phase de mise au point d'un raisonnement et de rédaction d'une solution permet à l'élève de développer les savoirs et les savoir-faire d'expression écrite. La qualité de la rédaction et de la présentation, ainsi que la clarté et la précision des raisonnements, constituent des objectifs très importants. La qualité de structuration des échanges entre le professeur et sa classe, entre le professeur et chacun de ses élèves, entre les élèves eux-mêmes, doit également contribuer à développer des savoirs et les savoir-faire de communication (écoute et expression orale) à travers la formulation d'une question, d'une réponse, d'une idée, d'hypothèses, l'argumentation de solutions ou l'exposé de démonstrations. Les travaux individuels ou en petits groupes proposés aux élèves

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

en dehors du temps d'enseignement, au lycée ou à la maison, (interrogations orales, devoirs libres, comptes rendus de travaux pratiques ou de travaux dirigés ou d'interrogations orales) contribuent fortement à développer *la communication à l'écrit et à l'oral*. La communication utilise des moyens diversifiés : les élèves doivent être capables de présenter un travail clair et soigné, à l'écrit ou à l'oral, au tableau ou à l'aide d'un dispositif de projection.

## 1.4 Évaluation des élèves

L'évaluation des apprentissages en classes préparatoires se définit comme une démarche de collecte d'informations conduisant à un jugement sur la valeur du travail et du résultat d'un élève, par rapport aux objectifs d'une activité d'enseignement, en vue de prendre une décision quant au cheminement ultérieur de l'apprenant. C'est un acte pédagogique ; formatif et sommatif. Elle vise à mesurer le degré de maîtrise des savoirs et savoir-faire tels que définis par le programme et le niveau d'autonomie et d'initiative des élèves. L'élaboration d'une situation d'évaluation prévoit une progression dans les difficultés suffisamment large pour apprécier les différents niveaux des élèves. L'évaluation doit être établie en relation avec les objectifs de formation et les performances attendues des élèves.

Rappelons que la voie MPSI s'adresse aux élèves intéressés par une approche théorique des sciences fondamentales et qui désirent comprendre le fonctionnement des différents objets par l'approche expérimentale. Cette voie est conçue de manière à développer conjointement l'intuition, l'imagination, le raisonnement et la rigueur, sans oublier l'approche des sciences fondamentales basées sur l'expérimentation et la modélisation. Il va de soi que les spécificités de cette voie doivent se retrouver dans le contenu des deux approches, théorique et expérimentale, ainsi que dans l'évaluation et le contrôle des connaissances. Les pratiques d'évaluation doivent respecter l'esprit des objectifs : tester l'aptitude de l'élève moins à résoudre les équations qu'à les poser, puis à analyser les résultats, tant dans leur caractère théorique que pratique.

## 1.5 Organisation des programmes

Le programme de chimie est organisé en deux parties *Formation expérimentale* et *Contenus thématiques*.

Dans la première partie, sont décrits l'organisation de la formation expérimentale et les objectifs de cette formation que les élèves doivent développer et acquérir à la fin de l'année scolaire. La

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

mise en œuvre de la formation expérimentale doit s'appuyer sur des problématiques concrètes et clairement identifiées. Elles doivent être programmées par l'enseignant de façon à assurer un apprentissage progressif de l'ensemble des connaissances et des savoir-faire attendus.

La seconde partie, intitulée *Contenus thématiques*, est structurée autour de quatre thèmes. Elle met en valeur les éléments clefs constituant l'ensemble des savoirs et des savoir-faire dont l'assimilation par les élèves est requise. Il est recommandé d'aborder les items de cette partie qui se prêtent à l'exercice, par une approche expérimentale démonstrative ou par une simulation numérique. L'expérience de cours démonstrative menée par l'enseignant pendant le cours éveillerait la curiosité des élèves et susciterait un questionnement actif et collectif, ce qui permettrait de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation. Le choix des thèmes des expériences de cours relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur.

Pour faciliter la progressivité des acquisitions, pour tenir compte des contraintes liées à la formation expérimentale et afin d'avoir une vision globale à l'échelle nationale, il est impératif de suivre la progression des quatre thèmes de cette partie dans l'ordre suivant :

I **chimie des solutions aqueuses ;**

II **cinétique des systèmes chimiques ;**

III **relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopiques ;**

IV **structure microscopiques et organisation de la matière solide.**

L'ordre d'exposition, dans chaque thème, relève bien sûr de la liberté pédagogique du professeur, cependant, il devra faciliter la progressivité des acquisitions.

Trois annexes sont consacrées :

- au matériel de chimie nécessaire à la mise en œuvre des programmes ;
- aux outils mathématiques et numériques que les élèves doivent savoir mobiliser de façon autonome dans le cadre des enseignements de chimie à la fin de l'année de la classe de MPSI.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# Formation expérimentale

## 1 À propos de la formation

La chimie, à l'instar de toutes les sciences, est un entrelacement subtil de modèles théoriques et de validations expérimentales. Les travaux dirigés permettent aux élèves de s'entraîner et de mieux s'approprier les concepts et techniques enseignés. Les travaux pratiques leur apportent quant à eux une compréhension plus concrète des phénomènes naturels et technologiques étudiés et développent leurs savoir et savoir-faire expérimentaux. Ils permettent ainsi de tisser un lien étroit entre le réel et sa représentation et constituent pour les élèves un moyen d'appropriation de techniques, de méthodes, mais aussi des notions et des concepts.

D'un autre côté l'activité expérimentale part d'un questionnement inscrit dans un cadre de réflexion théorique et conduit l'élève à analyser la tâche qui lui est demandée, à s'approprier la problématique attachée, à envisager un protocole comportant des expériences, puis à le réaliser. L'élève est alors invité à porter un jugement critique sur la pertinence des résultats obtenus, ce qui permet de conclure quant à la validité des hypothèses formulées. Une séance de travaux pratiques doit comporter non seulement la manipulation proprement dite, mais aussi des temps de réflexion, de construction intellectuelle et d'échanges avec le professeur. C'est pourquoi ce dernier choisit les sujets d'étude plus en raison de leurs qualités formatrices que des phénomènes particuliers qui en constituent le support.

### 1.1 Objectifs de la formation expérimentale

Le programme de chimie introduit les activités expérimentales avec deux principaux objectifs : un objectif d'éducation scientifique et d'apprentissage des principaux concepts qui permettent de comprendre le monde moderne en tant que citoyen éclairé et un objectif de préparation à l'évaluation des savoir et savoir-faire expérimentaux acquis et par la suite au monde professionnel.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

À ce propos, le programme de chimie souligne l'importance :

- de la pratique expérimentale (travaux pratiques et expériences de cours) comme caractéristique des sciences physiques ;
- de l'acquisition des connaissances scientifiques et techniques de base (ordres de grandeur, schémas d'explication qualitative, modélisation, information sur le monde technique et les connaissances fondamentales en chimie y comprises les plus récentes) ;
- de l'entraînement à la manipulation, à l'observation, à la réalisation et à la représentation d'objets et de phénomènes ;
- de l'entraînement aux modes de raisonnement des sciences physiques, en essayant de présenter aux élèves l'interaction dialectique entre théorie et expériences.

Effectués en binôme ou trinôme, les TP apprennent aux élèves :

- à se familiariser avec le matériel et à s'adapter à ses contraintes ;
- à réaliser des mesures et des acquisitions, à les commenter, les interpréter et les confronter à un modèle théorique ;
- à concevoir progressivement leurs propres protocoles expérimentaux afin de mettre en œuvre une démarche leur permettant de réaliser les TP ; puis, plus tard, *s'approprier les concepts de la démarche scientifique durables et indispensables* à tous les futurs ingénieurs, chercheurs ou enseignants.

La formation expérimentale des élèves est réalisée à travers deux composantes : les expériences de cours et les travaux pratiques. Ces deux composantes, complémentaires, ne répondent pas tout à fait aux mêmes objectifs :

- les expériences de cours démonstratives menées par l'enseignant pendant le cours suscitent un questionnement actif et collectif autour d'une expérience bien choisie permettant de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation, d'aboutir à des lois simplificatrices et unificatrices, de dégager des concepts transversaux entre différents domaines de la chimie, de montrer aux élèves que « la théorie et l'expérience sont indissociablement liées» et enfin de mieux se situer par rapport aux objectifs de la leçon. Le choix des thèmes des expériences de cours relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur.
- les travaux pratiques permettent, dans une approche contextualisée, suscitée par une problé-

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

matique clairement identifiée et, chaque fois que cela est possible, l'acquisition de savoir et savoir et savoir-faire techniques, de savoir dans le domaine de la mesure et de l'évaluation de sa précision, d'autonomie dans la mise en œuvre de protocoles simples associés à la mesure des grandeurs physiques ou chimiques les plus souvent mesurées.

Afin d'améliorer la pratique expérimentale et rendre les apprentissages plus efficaces, il convient :

- de questionner les élèves avant, pendant et après le TP sur ce qu'ils sont en train de faire et surtout sur le pourquoi ;
- de faire utiliser le matériel sophistiqué (carte d'acquisition, pH-mètre-millivoltmètre, spectrophotomètre à fibre optique ···) de façon consciente. La mesure effectuée avec l'ordinateur, par exemple, ne doit pas se réduire à un presse-bouton. Les enjeux doivent être clairs pour les élèves ;
- d'être attentif aux exigences des élèves et à l'attendu des différentes évaluations. Ces exigences doivent être motivées et pas seulement être dérivées du fait qu'ils veulent minimiser l'effort à fournir ;
- de varier le plus possible la typologie des TP. Par exemple, en alternant le fait de faire la théorie avant le TP ou les laisser découvrir la théorie, en alternant entre un texte protocolaire et un bref texte les invitant à développer la mise en œuvre expérimentale après une recherche documentaire.

Il est important de préciser par écrit, en préambule de l'énoncé de chaque TP, les objectifs et les savoir-faire visés et de ne pas manquer à en évaluer rapidement le degré de réalisation et de maîtrise à la fin de chaque étape ou la fin de la séance.

## 1.2 Organisation de la formation expérimentale

Cette partie précise les connaissances et les savoir-faire associés à la formation expérimentale des élèves et que ces derniers doivent acquérir dans le domaine de la mesure expérimentale et de l'évaluation des incertitudes des meures. Elle aborde la question de la prévention du risque au laboratoire de physique-chimie. Elle précise aussi la liste des thèmes de travaux pratiques et fixent les objectifs de chaque thème. Elle souligne aussi l'importance de l'évaluation régulière des acquis des élèves inscrits dans le volet de la formation expérimentale.

Une liste de matériel, que les élèves doivent savoir utiliser avec l'aide d'une notice succincte,

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

figure dans l'annexe *Liste de matériel de chimie* du présent programme. Son placement en annexe du programme, et non à l'intérieur de la partie dédiée à la formation expérimentale, est délibéré : il exclut l'organisation de séances de travaux pratiques dédiées à un appareil donné et centrées seulement sur l'acquisition des compétences techniques associées.

## 2 Prévention du risque au laboratoire de physique et de chimie

*L'apprentissage et le respect des règles de sécurité dans les laboratoires et les salles de travaux pratiques visent d'une part à réduire les risques liés aux activités expérimentales et d'autre part à sensibiliser les élèves au respect de la législation ainsi qu'à l'impact de leur activité sur l'environnement. L'élève doit adopter une approche méthodique, prudente et soignée et se concentrer sur ce qu'il est en train de faire.*

*Dans le laboratoire de chimie on insistera sur le respect des règles générales de sécurité. Chaque fois qu'un produit chimique est utilisé, son pictogramme est précisé et sa signification est clairement indiquée, ainsi que les phrases* ***H*** *(****H*** *de Hazard/danger) et les phrases* ***P*** *(prévention).*

*Les phrases* ***H*** *remplacent les anciennes phrases* ***R*** *et décrivent les risques d'une substance. Les phrases* ***P*** *remplacent les anciennes phrases* ***S*** *et spécifient les mesures de sécurité qui doivent être suivies lors de la manipulation de ces substances.*

*Des savoirs et des savoir-faire sont attachés au thème* Prévention du risque au laboratoire de physique et de chimie. *Ils sont détaillés dans le tableau ci-dessous.*

### 2.1 Prévention des risques au laboratoire

*Adopter une attitude responsable et adaptée au travail en laboratoire.*

*Développer une attitude autonome dans la prévention des risques.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| **Risque chimique** | |
| Règles de sécurité au laboratoire. Classes et catégories de danger. Pictogrammes de sécurité pour les produits chimiques. Mentions de danger (**H**) et conseils de prudence (**P**). Fiches de sécurité. | Relever les indications sur le risque associé au prélèvement, au mélange et au stockage des produits chimiques et adopter une attitude responsable lors de leur utilisation. |
| **Risque électrique** | |
| Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit, et le risque d'arc électrique. Ses conséquences sont l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion… | Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation d'appareils électriques. |
| **Risque optique et électromagnétique** | |
| Les rayonnements optique et électromagnétique auxquels peuvent être exposés les élèves sont parfois nocifs pour les yeux et pour la peau. Une démarche de prévention adaptée permet de réduire les risques pour la santé et la sécurité. | Utiliser les sources laser et les diodes électroluminescentes de manière adaptée.<br>Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation des émetteurs d'ondes hyperfréquences |
| **Risque thermique** | |
| L'exposition à une ambiance thermique chaude ou la manipulation de corps chauds ou froids peut être à l'origine de brûlures ou de gelures localisées potentiellement graves. | Adopter une attitude responsable lors de manipulations de corps chauds ou froids. |
| **Risque mécanique** | |
| Les risques mécaniques englobent la coupure, la lacération ou la piqûre, l'écrasement, le contact avec des machines. | Adopter une attitude responsable lors de manipulations de dispositifs engageant des hautes ou des basses pressions ou lors de la conjonction d'un élément d'un montage et l'énergie d'un mouvement. |
| **Risque sonore** | |
| Le bruit dans les salles de travail constitue une nuisance majeure et peut provoquer des surdités | Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation des émetteurs d'onde infrasonores, sonores |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé et la qualité du travail. | ou ultrasonores. |

### 2.2 Prévention de l'impact environnemental

| | |
|---|---|
| Traitement et rejet des espèces chimiques. | Adapter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange en fonction des informations recueillies sur la toxicité ou les risques. Sélectionner, parmi plusieurs modes opératoires, celui qui minimise les impacts environnementaux. |

## 3 Thèmes de travaux pratiques et objectifs

La liste suivante est une proposition non exhaustive de thèmes des TP. *Le choix des sujets, des manipulations à réaliser et de la progression des TP (comme celui des expériences de cours) relève de l'initiative pédagogique et de la responsabilité du professeur* : les thèmes proposés par le programme sont purement indicatifs, ceux-ci peuvent être remplacés par tout thème à l'initiative du professeur et ne faisant appel qu'aux connaissances du programme de la classe. Cependant, leur contenu doit répondre aux objectifs fixés par le programme et permettre aux élèves de développer les connaissances et les savoir-faire nécessaires. Les connaissances et les savoir-faire expérimentaux développées à travers les objectifs des différents thèmes de travaux pratiques sont exigibles aux épreuves d'évaluation, écrites et expérimentales, en classe et éventuellement aux concours. Elles peuvent faire l'objet de questions aux épreuves écrites et orales. Rappelons qu'à travers les thèmes des travaux pratiques, il faudra procéder à l'évaluation des incertitudes types A et types B, à l'étude de leur propagation à l'aide d'un langage de programmation et à la présentation de la valeur numérique d'un résultat expérimental.

## 4 Mesures et incertitudes

*La notion d'incertitude est indispensable dans la démarche expérimentale. En effet, elle est nécessaire pour juger de la qualité d'une mesure ou de sa pertinence. Sans elle on ne peut examiner la compatibilité d'une mesure avec une loi donnée. Ce thème intitulé* Mesures et incertitudes *vise à fournir les outils nécessaires à l'analyse de résultats expérimentaux.*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

*Les élèves doivent avoir conscience de la variabilité des résultats obtenus lors d'un processus de mesure d'une grandeur physique et sa caractérisation à l'aide de l'incertitude-type, en connaître les origines et les sources, estimer leur influence sur le résultat final, et comprendre et s'approprier ainsi les objectifs visés par l'évaluation des incertitudes. Ils détermineront ensuite ce qu'il faudrait faire pour améliorer la précision d'un résultat.*

*Enfin, il est essentiel que les notions sur les mesures et incertitudes diffusent dans chacun des thèmes du programme, théoriques et expérimentaux, tout au long des deux années préparatoires et qu'elles soient régulièrement évaluées.*

*Le tableau ci-dessous explicite les savoir-faire exigibles sur le thème* Mesures et incertitudes. *Le recours à la simulation vise à illustrer, sur la base de mesures expérimentales, différents effets de la variabilité de la mesure d'une grandeur physique dans les cas des incertitudes-types composées et de la régression linéaire.*

| Notions et contenu | Savoir-faire exigibles |
|---|---|
| Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Notion d'incertitude. Incertitude-type. | Identifier les incertitudes liées, par exemple, à l'opérateur, à l'environnement, aux instruments ou à la méthode de mesure. |
| Erreur ; composante aléatoire et composante systématique de l'erreur. | |
| Incertitude-type A. Incertitude-type B. Propagation des incertitudes. Écart normalisé. | Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A). |
| Évaluation d'une incertitude-type. | Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B). |
| | Associer un intervalle de confiance à l'écart-type dans l'hypothèse d'une distribution suivant la loi normale. |
| Incertitude-type composée. | Évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertitudes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient. |
| Incertitude élargie. | Comparer entre elles les différentes contributions lors de l'évaluation d'une incertitude-type compo- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| | sée.<br>*Activité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.* |
| Écriture du résultat d'une mesure.<br>Chiffres significatifs. | Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure. |
| Comparaison de deux valeurs ; écart normalisé. | Comparer deux valeurs dont les incertitudestypes sont connues à l'aide de leur écart normalisé.<br>Analyser les causes d'une éventuelle incompatibilité entre le résultat d'une mesure et le résultat attendu par une modélisation. |
| Régression linéaire. | Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle.<br>Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude ou analyse des écarts normalisés.<br>*Activité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs - simulation MONTE-CARLO - pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle* |

## 5 Solutions acqueuses

### TP1 Initiation aux TP de chimie. Préparation de solutions aqueuses. (*2 séances*)

- Sélectionner et utiliser le matériel adapté à la précision requise.
- Distinguer les instruments de verrerie In et Ex.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

- Préparer une solution de concentration en masse ou en quantité de matière donnée à partir d'un solide, d'un liquide, d'une solution de composition connue avec le matériel approprié.

## TP2 Dosages pH-métrique et conductimétrique acide fort/base forte (choix d'un indicateur de fin de réaction).

- utiliser les méthodes et le matériel adéquats pour transférer l'intégralité du solide ou du liquide pesé ;
- utiliser les appareils de mesure (balance, pH-mètre, conductimètre, millivoltmètre, spectrophotomètre…) en s'aidant d'une notice ;
- connaître le principe de fonctionnement des électrodes de mesures.

## TP3 Dosage pH-métrique et conductimétrique acide faible / base forte (degré d'acidité d'un vinaigre, vitamine C,· · · )

- savoir choisir l'électrode de mesure adaptée ;
- étalonner une chaîne de mesure si nécessaire ;
- mettre en œuvre un protocole expérimental correspondant à un titrage direct et à un titrage indirect.

## TP4 Mise en évidence expérimentale de l'effet tampon.

- proposer ou justifier le protocole d'un titrage à l'aide de données fournies ;
- identifier et exploiter la réaction support du titrage ;
- exploiter une courbe de titrage pour déterminer la concentration en espèces titrée ;

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

## TP5 Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base forte ($H_3PO_4$ d'un soda, jus d'orange, jus de citron)

- déterminer la dureté d'une eau ou pouvoir complexant ;
- déterminer une constante d'équilibre ;
- mettre en œuvre une réaction acide-base, une réaction de complexation, une réaction de précipitation et une réaction d'oxydo-réduction pour réaliser une analyse quantitative en solution aqueuse.

## TP6 Dosage complexométrique (détermination de la dureté d'une eau ou pouvoir complexant).

- tester l'influence de différents paramètres sur l'état d'équilibre d'un système ;
- réaliser une pile électrochimique et étudier son fonctionnement ;
- mettre en œuvre des réactions d'oxydoréduction en s'appuyant sur l'utilisation de diagrammes poteDosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base fortentiel-pH.

## TP7 Dosage par précipitation, détermination de $K_s$.

- prévenir les risques chimiques, électriques et optiques.

## TP8 Dosage potentiométrique

- connaître les règles de sécurité au laboratoire, pictogrammes de sécurité pour les produits chimiques, phrases **H** et **P** ;
- maîtriser l'impact environnemental : traitement et rejet des espèces chimiques ;
- illustrer un procédé de retraitement, de recyclage, de séparation en solution aqueuse.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

# 6 Cinétique des systèmes chimiques

## TP9 Étude cinétique d'une réaction chimique par spectrophotométrie. Détermination de l'ordre partiel par rapport à un réactif.

Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base forte

- connaître et utiliser la loi de BEER-LAMBERT ;
- établir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique ;
- déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique ;
- déterminer l'ordre partiel par rapport à un réactif.

# 7 Structure et organisation de la matière solide

## TP10 Utilisation d'un logiciel et/ou des modèles cristallins

Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base forte

- visualiser et se familiariser avec les structures cristallines les plus simples ;
- visualiser des sites interstitiels ;
- déterminer des paramètres géométriques ;
- calculer la multiplicité ;
- déterminer la formule chimique à l'aide d'une structure cristalline donnée ;
- réaliser une structure à l'aide des boules ;
- observer les assemblages et trouver quelles sont les sphères qui sont en contact ;
- étudier des sites interstitiels ;
- illustrer de l'influence des conditions expérimentales sur la formation de solides et de solides cristallins.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# 8 Compte-rendu

La séance de travaux pratiques donne lieu à une synthèse écrite comportant, sous forme succincte, l'indication et l'exploitation des résultats. À cet égard on attache de l'importance à leur présentation graphique. L'utilisation d'un ordinateur, soit pour l'acquisition et le traitement de données expérimentales, soit pour comparer les résultats des mesures aux données théoriques, évite des calculs longs et répétitifs et favorise le tracé de courbes. Si les élèves sont appelés à utiliser d'autres appareils, toutes les indications nécessaires doivent leur être fournies.

Il est impératif d'exiger de l'élève la rédaction d'un compte-rendu pendant une séance de travaux Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base fortepratiques. Cette aptitude constitue un des objectifs de la formation scientifique. Les activités expérimentales sont aussi l'occasion de travailler l'expression orale lors d'un point de situation ou d'une synthèse finale par exemple. Le but est de bien préparer les élèves de CPGE à la présentation des travaux et projets qu'ils auront à conduire et à exposer aux épreuves orales et au cours de leur formation en école d'ingénieur et, plus généralement, dans le cadre de leur métier de chercheur ou d'ingénieur.

L'élève doit rédiger dans son cahier, au fur et à mesure, un compte-rendu :

- définissant les objectifs du thème de travaux pratiques ;
- précisant la problématique préalablement définie ;
- expliquant les choix expérimentaux effectués et les techniques de mesure utilisées ;
- comprenant les mesures effectuées, et les courbes tracées et/ou visualisées, les photos des écrans d'appareil de mesure ou de visualisation et précisant bien les choix des paramètres de mesure (concentrations, dilution, calibres, fréquence d'échantillonnage, électrodes, etc.) ;
- interprétant les différentes courbes et mesures en relation avec les résultats théoriques fournis.

Si l'intérêt du compte-rendu est évident, en revanche il faut veiller à ce qu'il ne prenne pas une importance considérable, en temps, par rapport au travail expérimental proprement dit.

D'autre part, les différentes activités pratiques doivent être couronnées par l'évaluation *hebdomadaire et trimestrielle* des savoirs et savoir-faire expérimentaux, Lors de cette évaluation, il faudrait bien expliciter les distinctions entre savoir et savoir-faire, et entre savoir utiliser et savoir mettre en œuvre.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# Contenus thématiques

Chaque thème du programme comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation et les domaines d'application. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes qui identifient, d'une part, les notions et contenus à connaître, et donc exigible, d'autre part, des commentaires ainsi que les activités numériques et expérimentales supports de la formation. Les activités numériques sont identifiées en *caractères gras italiques*; le langage de programmation conseillé est le *langage* PYTHON. Les thèmes des *activités numériques*sont choisis de manière à représenter la diversité des applications possibles. Le professeur veillera à ce qu'une concertation régulière avec l'enseignant d'informatique soit développée autour de l'exécution de ces activités.

Le programme de chimie a été rédigé et abondamment commenté, avec le souci majeur de faciliter la transition entre l'enseignement secondaire le système des classes préparatoires. Pour atteindre ce but, il a été jugé indispensable :

- d'introduire progressivement les outils et les méthodes de l'enseignement de physique post-baccalauréat sur des situations conceptuelles aussi proches que possible de celles qui ont été rencontrées au lycée; en évitant, quand c'est possible, l'emploi d'outils mathématiques non encore maîtrisés, liés à des concepts physiques nouveaux;
- de coordonner entre les enseignements de mathématiques, sciences industrielles, informatique, physique et chimie utilisant des outils souvent communs, pour faciliter le travail d'assimilation des élèves. Ceci rejette tout cloisonnement des enseignements scientifiques et suppose au contraire une concertation étroite au sein de l'équipe pédagogique;
- de valoriser l'approche expérimentale des phénomènes pour stimuler chez l'élève une attitude active et créatrice, favorisant l'appropriation des connaissances et le développement d'un certain savoir faire manuel. Les travaux pratiques (TP) et les expériences de cours sont les temps forts de cette valorisation.
- de valoriser l'approche numérique afin de permettre aux élèves de mettent en œuvre leurs

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

connaissances en informatique dans le cadre de l'étude d'une application en physique.

Les intitulés de chapitres sont très classiques de façon que les acquis des élèves soient clairement identifiés.

## Table des matières avec horaires indicatifs

**Chimie des solutions aqueuses** (27h) 173

Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique (3h) 174
Réactions acide-base (6h) 176
Réactions de complexation (4h) 177
Réactions de dissolution ou de précipitation (4h) 177
Réactions d'oxydoréduction (10h) 178

**Cinétique des systèmes chimiques** (10h) 180

Évolution temporelle d'un système chimique (6h) 181
Mécanismes réactionnels en cinétique homogène (4h) 182

**Liens entre structure et propriétés** (12h) 183

Structure électronique de l'atome (6h) 184
Structure électronique des molécules (4h) 185
Relations entre la structure et les propriétés physiques (2h) 186

**Structure microscopiques** (8h) 187

Modèle du cristal parfait (4h) 188
Structures des corps composés ioniques et binaires (2h) 189
Cristaux covalents et moléculaires (2h) 189

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

# 1 Chimie des solutions aqueuses

L'objectif de la partie *Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique* est d'amener les élèves à mobiliser de manière autonome les notions et modèles pour décrire, au niveau macroscopique, un système physico-chimique.

Les concepts développés dans cette partie permettent d'envisager l'optimisation des transformations ou des analyses. L'étude quantitative de l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique, est réalisée à partir d'une modélisation par une seule réaction chimique symbolisée par une équation de réaction à laquelle est associée une constante thermodynamique d'équilibre. Il s'agit de prévoir le sens d'évolution de systèmes homogènes ou hétérogènes et de déterminer leur composition dans l'état final.

Les connaissances acquises et les savoir-faire développés dans cette partie sont réinvestis lors de l'étude des réactions en solution aqueuse et de l'évolution temporelle d'un système chimique, ainsi qu'en seconde année, notamment dans le cadre de la thermodynamique chimique.

L'objectif des parties *Réactions acide-base*, *Réactions de complexation*, *Réactions de dissolution ou de précipitation* et *Réactions d'oxydoréduction* est de doter les élèves de bases, théoriques et expérimentales, nécessaires pour la compréhension des réactions chimiques en solutions aqueuses. Les concepts développés dans ces parties permettent de présenter différents types de réactions susceptibles d'intervenir en solution aqueuse, d'en déduire des diagrammes de prédominance ou d'existence d'espèces chimiques, notamment des diagrammes potentiel-pH, et de les utiliser comme outil de prévision et d'interprétation des transformations chimiques quel que soit le milieu donné. Les conventions de tracé de ces diagrammes seront toujours précisées. Un intérêt particulier doit être porté à ces transformations, qui jouent un rôle fondamental tant en chimie industrielle que dans des processus biologiques ou environnementaux. Il convient donc que les problématiques abordées, les illustrations et les applications prennent largement appui sur des transformations chimiques rencontrées dans la vie courante, au laboratoire, en milieu industriel ou dans le monde du vivant.

Ces différentes transformations en solution aqueuse sont abordées en montrant qu'elles constituent des illustrations des notions introduites dans la partie *Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique*, les élèves étant amenés à déterminer l'état final d'un système en transformation chimique modélisée par une seule réaction chimique. On montrera qu'il est ainsi possible d'analyser et de simplifier une situation complexe pour parvenir à la décrire rigoureu-

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

sement et quantitativement, en l'occurrence dans le cas des solutions aqueuses, par une seule réaction. Il est cependant important de noter qu'on évite tout calcul inutile de concentration, en privilégiant l'utilisation des diagrammes pour valider le choix de la réaction mise en jeu. Dans ce cadre, aucune formule de calcul de pH n'est exigible.

La progression de cette partie nécessite une bonne synchronisation entre les concepts théoriques du cours et les thématiques de la formation expérimentale des élèves.

## 1.1 Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique

| Système physico-chimique | |
|---|---|
| Système ouvert, fermé, isolé.<br>Espèces physico-chimiques. | On donne des exemples de système physico-chimiques et on recense les espèces physico-chimiques présentes dans le système.<br>On se limite à l'étude de système fermé. |
| États de la matière : gaz, liquide, solide.<br>Notion de phase.<br>Transformations physique, chimique, nucléaire.<br>Les transformations physiques : diagramme d'état (P, T). | Il s'agit de reconnaître la nature d'une transformation et de déterminer l'état physique d'une espèce chimique pour des conditions expérimentales données de pression P et de température T. |
| Corps purs et mélanges : concentration en quantité de matière, fraction molaire, pression partielle pour un mélange idéal de gaz parfaits.<br>Solution, soluté, solvant.<br>Variables intensives et extensives.<br>Composition d'un système physico-chimique. | Il s'agit de décrire la composition d'un système à l'aide des grandeurs physiques pertinentes. |
| **Transformation d'un système chimique** | |
| Modélisation d'une transformation chimique par une ou plusieurs réactions chimiques.<br>Écriture conventionnelle de l'équation-bilan d'une réaction chimique. | |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| Activité d'une espèce chimique, quotient réactionnel.<br>Constante thermodynamique d'équilibre $K^o(T)$. | On affirme l'expression de l'activité d'une espèce chimique pure ou dans un mélange dans le cas de solutions aqueuses très diluées ou de mélanges de gaz parfaits avec référence à l'état standard.<br>On affirme le quotient de la réaction à l'équilibre qui correspond à $Q(\xi = \xi_{eq}) = K^o(T)$. |
| Évolution d'un système lors d'une transformation chimique modélisée par une seule réaction chimique : avancement, critère d'évolution. | On rappelle brièvement, l'avancement $\xi$ de réaction et l'expression du quotient de réaction, vue dans les classes antérieures, en fonction des activités des espèces.<br>On prévoit le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique. |
| Composition chimique d'un système dans l'état final : état d'équilibre chimique, transformation totale. | On détermine la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.<br>*Activité numérique : déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, l'état final d'un système, siège d'une transformation, modélisée par une réaction à partir des conditions initiales et valeur de la constante d'équilibre.* |
| Optimisation d'un procédé chimique :<br>■ par modification de la valeur de $K^o$ ;<br>■ par modification de la valeur du quotient de réaction. | On illustre la méthode d'étude par le choix de quelques exemples ou on cherche à optimiser une synthèse ou minimiser la formation d'un produit secondaire indésirable.<br>L'étude des déplacements des équilibres sera faite en $2^{ème}$ année. |
| Propriétés de l'eau liquide, paramètres caractérisant l'eau en tant que solvant, dissolution, solvatation, l'eau solvant polaire, ionisé et ionisant. | On rappelle sommairement les acquis antérieurs des élèves autour du caractère polaire de la molécule d'eau et du phénomène de solvatation des ions. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| | On insiste sur le cas du proton. Dans les classes antérieures, il est souvent noté $H^+_{aq}$. On présente la formule $H_3O^+_{aq}$ recommandée par l'UICPA.[1] |

## 1.2 Réactions acide-base

| | |
|---|---|
| Couple acide - base de BRONSTED.<br>Couples acide-base de l'eau.<br>Exemples usuels d'acides et bases : nom, formule et nature - faible ou forte - des acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, phosphorique, acétique, de la soude, l'ion hydrogénocarbonate, l'ammoniac.<br><br>Réaction acide-base : échange protonique entre l'acide d'un couple et la base d'un autre couple.<br>Constante d'acidité d'un couple en solution aqueuse $K_a$, $pK_a$. | On rappelle brièvement les notions suivantes, rencontrées dans les niveaux antérieurs : définition d'acide et base selon BRONSTED, échelle du pH, autoprotolyse de l'eau, caractère ampholyte de l'eau. Il s'agit d'une introduction à partir d'exemples concrets.<br>On se limite aux espèces solubles. |
| Diagramme de prédominance, diagramme de distribution des espèces acido-basiques en fonction du pH.<br><br>Prévision du caractère total de la réaction par évaluation de $pK_a$. Règle du gamma ($\gamma$).<br><br>Cas où plusieurs réactions acide-base sont possibles, réaction prépondérante. | On présente l'échelle de force d'acidité des acides pour la même concentration.<br>Les courbes représentant les concentrations de l'acide et de la base conjuguée en fonction du pH sont exigibles.<br>Dans certains cas, que l'on précisera à l'aide de quelques exemples, l'écart de $pK_a$ peut renseigner sur le caractère quantitatif de la réaction.<br>Seules sont envisagées les situations où une réaction prépondérante, permet de déterminer l'état final d'un système.<br>On privilégie l'utilisation des diagrammes pour |

1. Union internationale de chimie pure et appliquée

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | valider le choix de la réaction mise en jeu. |
| Solution tampon<br>Définition de la solution tampon et du pouvoir tampon.<br>Méthodes de préparation d'une solution tampon. | On illustre cet effet expérimentalement lors d'une séance de travaux pratique. |

## 1.3 Réactions de complexation

| | |
|---|---|
| Couple donneur-accepteur de ligand.<br>Constante d'équilibre de la réaction de dissociation : $ML_n \rightleftharpoons M^{n+} + nL^-$ | On introduit la nomenclature des complexes au fur et à mesure des besoins. |
| Constante de formation d'un complexe. Domaines de prédominance du complexe et de l'ion libre en fonction de pL. Constante de formation globale. | Sur des exemples, on traite la compétition entre deux ligands ou entre deux centres métalliques |

## 1.4 Réactions de dissolution ou de précipitation

| | |
|---|---|
| Réactions de dissolution.<br>Constante de l'équation de dissolution, produit de solubilité $K_s$.<br>Solubilité et condition de précipitation. | L'étude sera menée en utilisant la comparaison entre le quotient de réaction à la constante de solubilité.<br>On donne des exemples de sels totalement solubles (solubilité très élevée, avec ordre de grandeur) et des exemples de sels peu solubles. |
| Domaine d'existence d'un précipité. | On définit la frontière d'existence d'une espèce solide comme la limite d'apparition du solide.<br>On utilisera les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires. |
| Facteurs influençant la solubilité. | On évoque l'influence de la température, du pH, de l'ion commun, de la formation d'un complexe |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | soluble et de la formation d'un autre précipité. On traite le cas d'un hydroxyde métallique amphotère en exercice. |
| Illustration d'un procédé de retraitement, de recyclage, de séparation en solution aqueuse. | |

## 1.5 Réactions d'oxydoréduction

*Le contenu de cette partie permet d'aborder les différents concepts associés aux phénomènes d'oxydo-réduction en solution aqueuse. La relation de NERNST (admise en première année) ainsi que la relation entre la constante thermodynamique d'équilibre d'une réaction d'oxydo-réduction et les potentiels standard permettent de prévoir l'évolution des systèmes et le caractère favorisé des transformations.*

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

*Enfin, on s'intéresse à la construction, la lecture et l'utilisation des diagrammes potentiel-pH sur l'exemple des diagrammes potentiel-pH de l'eau et du fer. Les diagrammes potentiel-pH sont superposés pour prévoir ou interpréter thermodynamiquement des transformations chimiques ; la confrontation avec la réalité amenant à aborder éventuellement des blocages cinétiques en lien avec l'évolution temporelle des systèmes étudiée ultérieurement.*

*La construction complète de tout autre diagramme potentiel-pH n'est pas un objectif en soi.*

| Réactions d'oxydoréduction | |
|---|---|
| Couple redox Ox/Red. Nombre d'oxydation. Exemples usuels d'oxydants et de réducteurs minéraux : nom, nature et formule des ions thiosulfate, permanganate, dichromate, hypochlorite, du peroxyde d'hydrogène. | On rappelle brièvement les notions suivantes, vue dans les classes antérieures : réaction d'oxydoréduction, oxydant, réducteur et couple redox. |
| Exemples usuels d'oxydants et de réducteurs minéraux : nom, nature et formule des ions thiosulfate, permanganate, dichromate, hypochlorite, du per- | On prévoit les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| oxyde d'hydrogène. | On fait remarquer que certains décomptes de nombre d'oxydation peuvent conduire à des nombres d'oxydation fractionnaires. Il s'agit alors d'un nombre d'oxydation moyen et il convient de détailler le décompte atome par atome (ou ion par ion). |
| Couples redox de l'eau. | On précise dans chacun des couples de l'eau l'élément subissant la variation du nombre d'oxydation. |
| Réaction d'oxydoréduction : transfert d'électrons entre le réducteur d'un couple et l'oxydant d'un autre couple. | |

### Piles électrochimiques

| | |
|---|---|
| Approche phénoménologique d'une pile électrochimique : tension à vide, existence d'un courant, déroulement d'une réaction chimique, polarité des électrodes, anode et cathode, force électromotrice. | Les piles électrochimiques sont aux programmes des classes antérieures, toutefois, on reprendra complètement leur étude. On utilise l'exemple de la pile DANIEL pour expliquer le principe de fonctionnement. |
| Notion de potentiel d'électrode.<br>Nécessité d'un potentiel origine : électrode standard à hydrogène. Autres électrodes de références.<br>Potentiels standard.<br>Formule de NERNST. | On décrit le fonctionnement d'une pile à partir d'une mesure de tension à vide ou à partir des potentiels d'électrode.<br>La formule de NERNST est admise. On tâche de l'écrire dans différents cas de couples redox. |

### Prévision d'une réaction d'oxydoréduction

| | |
|---|---|
| Calcul de la constante d'équilibre à partir des potentiels standard. | On exploite l'unicité du potentiel de la solution. |
| Diagramme de prédominance ou d'existence de l'oxydant et du réducteur en fonction du potentiel.<br>Aspect thermodynamique des réactions d'oxydoréduction. Intérêt d'une échelle de potentiels standard pour la prévision des réactions d'oxydoréduc- | On utilise les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.<br>On prévoit qualitativement ou quantitativement le caractère thermodynamiquement favorisé ou dé- |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| tion.<br>Dismutation et médiamutation. | favorisé d'une réaction d'oxydo-réduction à partir des potentiels standard des couples. |
| **Diagrammes potentiel-pH** | |
| Principe de construction des diagrammes potentiel-pH.<br>Construction des diagrammes potentiel-pH de l'eau et du fer.<br>Domaine de stabilité thermodynamique de l'eau.<br>Lecture et utilisation des diagrammes potentiel-pH. | On se limite aux espèces suivantes : $Fe_{(s)}$ , $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Fe(OH)_{2(s)}$, $Fe(OH)_{3(s)}$.<br>La construction complète de tout autre diagramme potentiel-pH ne peut être exigée.<br>On discute de la stabilité des espèces dans l'eau. |
| Prévision des réactions chimiques possibles par superposition de plusieurs diagrammes. | On présente puis on superpose des diagrammes potentiel-pH pour prévoir ou interpréter thermodynamiquement des transformations chimiques. |

## 2 Cinétique des systèmes chimiques

Cette partie s'intéresse à l'étude de l'évolution temporelle d'un système chimique siège d'une réaction chimique. Les méthodes colorimétrique, conductimétrique, pH-métrique, spectrophotométrique sont utilisées dans l'approche expérimentale pour suivre l'évolution d'une concentration ou d'une grandeur physique au fil du temps. Les phénomènes de catalyse sont traités en exercices ou lors de travaux pratiques.

Les objectifs principaux de cette partie sont :

- effectuer une distinction entre les mondes des objets et des phénomènes (systèmes physico-chimiques, transformations chimiques) et le monde des modèles (réaction chimique comme modèle d'une transformation, lois d'évolution temporelle comme modèle macroscopique de l'évolution) ;
- exploiter les outils de description ou d'analyse expérimentale des systèmes chimiques pour modéliser leur évolution ;
- confronter les prévisions d'un modèle avec des résultats expérimentaux ;
- traduire, en langage de programmation, les démarches mises en œuvre pour déterminer l'état

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

final d'un système ou pour exploiter des résultats expérimentaux et les confronter à des modèles.

L'outil informatique peut être utilisé avec profit dans certains calculs en cinétique formelle.

## 2.1 Évolution temporelle d'un système chimique

*L'étude de l'évolution dans le temps d'un système chimique permet de dégager expérimentalement les facteurs cinétiques concentration et température. Cette mise en évidence est prolongée par les premières modélisations macroscopiques d'évolution des concentrations avec des lois de vitesse d'ordre simple et d'influence de la température avec la loi d'Arrhénius. Les déterminations d'ordre global ou apparent mettent en œuvre la méthode différentielle ou intégrale, et peuvent s'effectuer à l'aide de logiciels dédiés ou de programmes élaborés en langage de programmation, pour l'exploitation des mesures expérimentales dans le cadre d'un réacteur fermé parfaitement agité.*

| | |
|---|---|
| Vitesses en cinétique chimique :<br>▪ vitesses de consommation d'un réactif et de formation d'un produit dans le cas d'un réacteur fermé de composition uniforme ;<br>▪ vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V}\frac{d\xi}{dt}$ pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique supposée sans accumulation d'intermédiaires. | On souligne que la définition et la mesure de ces vitesses sont indépendantes de l'écriture de l'équation bilan de la réaction.<br>On rappelle brièvement la définition de la vitesse volumique de réaction vue en deuxième année du baccalauréat et on l'exprime en fonction des vitesses de formation et de disparition d'un constituant. |
| Facteurs cinétiques. | On commence par rappeler les résultats de l'étude qualitative des facteurs cinétiques (concentration, température, catalyseur) faite en deuxième année du baccalauréat, ensuite on approfondit l'étude quantitativement pour les facteurs température et concentration. |
| Définition d'un ordre | On souligne que l'ordre est une notion expérimentale. |
| Réaction avec ordre et coefficient de vitesse [2].<br>Réaction sans ordre. | |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Loi expérimentale d'Arrhénius, énergie d'activation. | |
| Lois de vitesse pour les réactions chimiques présentant un ordre zéro, un ou deux, ordre global, ordre apparent. | À l'occasion de travaux pratiques, on montre l'intérêt des méthodes différentielle et intégrale pour la détermination de l'ordre.<br>On étudie en travaux pratiques la cinétique d'une réaction chimique suivie par spectrophotométrie. |
| Dégénérescence de l'ordre. | Les travaux pratiques donnent l'occasion de rencontrer des situations de dégénérescence de l'ordre et de rechercher dans quelle mesure des résultats expérimentaux sont compatibles avec l'hypothèse d'un ordre donné. |
| Temps de demi-vie d'un réactif, temps de demi-réaction. | On rappelle la notion de temps de demi-réaction et on complète l'étude en examinant d'autres cas (exemple : deux réactifs mélangés en proportions stœchiométriques).<br>On rappelle le temps de demi-vie d'un nucléide radioactif lors d'une transformation nucléaire. |

## 2.2 Mécanismes réactionnels en cinétique homogène

| | |
|---|---|
| Processus élémentaires, molécularité, profil réactionnel, intermédiaire réactionnel, état de transition. | On interprète qualitativement les phénomènes en termes de chocs efficaces. |
| Loi de Van't Hoff. | On signale l'influence de la concentration sur la fréquence des chocs et celle de la température sur la proportion de chocs efficaces. |
| Approximation de l'état quasi-stationnaire. | On utilise les ressources informatiques pour introduire l'approximation de l'état quasi stationnaire lors de l'étude de deux réactions successives. |

2. Nouvelle appellation de la constante de vitesse selon la recommandation de l'UICPA (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée)

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| Mécanismes en séquence ouverte (par stades).<br>Étape cinétiquement déterminante. | L'étude des mécanismes s'appuie sur les lois de vitesses expérimentales. |
| Mécanismes en séquence fermée (en chaîne). | La définition quantitative de la longueur de chaîne est hors programme. |

## 3 Relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopique

Il s'agit de fournir aux élèves un bref aperçu sur l'interprétation de la structure de la matière à partir des résultats de la mécanique quantique. Ce qui conduit naturellement à l'évolution des propriétés des éléments chimiques dans la classification périodique.

On pourra signaler que MENDELIEV avait établi une première classification périodique en se basant sur les analogies des propriétés chimiques des corps simples.

Les programmes des classes antérieures contiennent un certain nombre de notions sur la structure de la matière. Dans les programmes de chimie des classes préparatoires la structure de la matière est traitée avec une approche différente. Sauf mention contraire, on reprendra complètement ces notions.

Les objectifs principaux de cette partie sont :

- distinguer les échelles microscopique et macroscopique ;
- utiliser à bon escient un vocabulaire précis (isotope, atome, élément chimique, entité chimique, espèce chimique), adapté à l'échelle de description utilisée ;
- utiliser le tableau périodique des éléments pour déterminer ou justifier des structures d'entités et des propriétés microscopiques (polarité, polarisabilité) ;
- s'approprier les outils de description des entités chimiques et leur complémentarité dans la description des interactions intermoléculaires ;
- relier structure et propriétés microscopiques aux grandeurs et comportements macroscopiques (cohésion, solubilité, miscibilité, températures de changement d'état) ;
- maîtriser et utiliser les représentations schématiques d'une entité chimique.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

## 3.1 Structure électronique de l'atome

*La compréhension des réactions chimiques nécessite de connaître la structure de la matière. Le composant de base de la matière étant l'atome, l'objectif de cette partie est d'étudier la structure de l'atome et en particulier la répartition des électrons au sein de l'atome. On étudie ensuite l'outil essentiel qu'est la classification périodique des éléments : construction, extraction des informations et discussion de l'évolution de quelques propriétés atomiques.*

| Structure électronique de l'atome | |
|---|---|
| Atome, élément, isotopes, abondance isotopique.<br>Électrons, protons, neutrons.<br>Le noyau : nombres Z, A, isotopes.<br>Masse d'un atome, masse molaire atomique : constante d'Avogadro, la mole. | Les structures de l'atome et du noyau, vues dans les classes antérieures, sont rappelées sommairement.<br>On signale la quantification de la matière.<br>On donne les ordres de grandeur de la taille d'un atome, des masses et des charges de l'électron et du noyau. |
| Spectres d'émission et d'absorption de l'atome d'hydrogène : constante de Rhydberg.<br>Niveaux d'énergie électroniques : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (eV). | L'expérience permettra de relier, dans le cas de l'atome d'hydrogène, l'énergie au nombre quantique $n$.<br>On donnera l'expression de l'énergie dans le cas des hydrogénoïdes. |
| Existence de niveaux d'énergie quantifiés dans l'atome, dégénérescence de ces niveaux.<br>Orbitale atomique.<br>Principe de Pauli.<br>Définition des nombres quantiques $n$, $\ell$, $m_\ell$ et $m_s$.<br>Configuration électronique d'un atome et d'un ion monoatomique à l'état fondamental : règles de remplissage des cases quantiques (Hund et Klechkowsky).<br>Électrons de cœur et de valence. Prévision de la formule des ions monoatomiques d'un élément. | On se contente de la représentation des orbitales atomiques $s$, $p$ et $d$ sans chercher à expliciter les expressions mathématiques des fonctions d'onde.<br>Ces nombres permettront une classification de certains états d'un électron. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| **Classification périodique des éléments** | |
| Architecture et lecture de la classification périodique : familles chimiques, structure en blocs.<br>Évolution de quelques propriétés atomiques : énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité (au sens de MULLIKEN), rayons atomiques, rayons<br>de VAN DER WAALS, polarisabilité, acidobasicité et rédox.<br>On interprète la différence de valeur entre le rayon d'un atome et le rayon de ses ions.<br>Cette rubrique s'appuiera sur l'utilisation d'un logiciel ou d'une banque de données sur les éléments chimiques. | On présentera la classification périodique en 18 colonnes recommandée par l'UICPA.<br>On dégage le lien entre ces propriétés et les électrons de valence. On signale l'existence d'autres échelles d'électronégativité : PAULING et ALRED - ROCHOW. |

## 3.2 Structure électronique des molécules

*Cette partie aborde l'étude de la constitution de la matière au niveau microscopique en s'appuyant sur le tableau périodique des éléments, outil essentiel du chimiste, dans l'objectif de développer progressivement les compétences relatives à l'utilisation des informations qu'il contient pour prévoir, dans cette partie, le nombre de liaisons d'un atome et la nature (polaire, ionique) des liaisons chimiques.*

| | |
|---|---|
| **Modèle de la liaison covalente** | |
| Liaison covalente localisée. Ordres de grandeur de la longueur et de l'énergie d'une liaison covalente.<br>Règle de l'octet.<br><br>Schéma de LEWIS d'une molécule ou d'un ion monoatomique ou d'un ion polyatomique pour les éléments des blocs *s* et *p*. | Toute théorie de la liaison covalente est hors programme.<br>On utilise des exemples, comme celui des radicaux libres, pour illustrer les limites de la règle de l'octet.<br>On rencontre des espèces pour lesquelles plusieurs formules de LEWIS peuvent être proposées, mais l'étude en tant que telle de la mésomérie est hors |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| | programme. |
| **Géométrie et polarité des entités chimiques** | |
| Prévision de la géométrie de quelques ions et molécules simples par la méthode de répulsion des paires électroniques de la couche de valence (méthode VSEPR ou règles de GILLESPIE).<br>Électronégativité : liaison polarisée, molécule polaire, moment dipolaire | Les structures étudiées font intervenir les 18 premiers éléments chimiques, en plus du brome et de l'iode.<br>On se limite aux formules $AX_nE_m$ avec $n + m \leqslant 4$ et aux formules $AX_5$ et $AX_6$.<br>On relie l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent à la structure géométrique donnée d'une molécule.<br>On précise la direction et le sens du vecteur moment dipolaire d'une liaison ou d'une molécule de géométrie donnée. |

## 3.3 Relations entre la structure des entités et les propriétés physiques macroscopiques

*Cette partie a pour objectif de permettre l'identification des interactions entre entités moléculaires ou ioniques afin d'interpréter, de prévoir ou de comparer certaines propriétés physiques : température de changement d'état, miscibilité, solubilité dans l'eau.*

*De nombreuses illustrations et applications dans la vie courante, au niveau du laboratoire ou dans le domaine du vivant peuvent être proposées.*

| | |
|---|---|
| **Forces intermoléculaires** | |
| Interactions de VAN DER WAALS.<br>Liaison hydrogène (interaction par pont hydrogène).<br>Ordres de grandeur énergétiques des interactions de VAN DER WAALS et de liaisons hydrogène. | On relie qualitativement la valeur plus ou moins grande des forces intermoléculaires à la polarité et la polarisabilité des molécules.<br>On interprète les propriétés physiques de corps purs par l'existence d'interactions de VAN DER WAALS ou de liaisons hydrogène intermoléculaires. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Solubilité ; miscibilité<br>Grandeurs caractéristiques et propriétés de solvants moléculaires : moment dipolaire, permittivité relative, caractère protogène.<br>Mise en solution d'une espèce chimique moléculaire ou ionique. | On interprète la miscibilité ou la non-miscibilité de deux solvants.<br>On justifie le choix d'un solvant adapté à la dissolution d'une espèce donnée, à la réalisation d'une extraction et aux principes de la Chimie Verte. |

## 4 Structure microscopiques et organisation de la matière solide

Il s'agit ici de donner un aperçu sur la structure microscopique des édifices chimiques cristallins en s'appuyant sur quelques exemples.

L'introduction des notions de base de cette partie nécessite l'utilisation de modèles de réseaux cristallins ou un logiciel pour visualiser des mailles et des sites interstitiels et pour déterminer des paramètres géométriques.

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

Une réflexion sur les modèles conduisant à la détermination des différents types de rayons à partir des méthodes expérimentales d'analyse des structures des solides peut être proposée.

La connaissance de la maille cubique à faces centrées (CFC) est exigible. La constitution d'autres structures cristallines est fournie.

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

## 4.1 Modèle du cristal parfait

*On décrit un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques.*

| | |
|---|---|
| Solides amorphes, solides cristallins, solides semi-cristallins ; variétés allotropiques.<br>Interprétation de la cohésion des cristaux : liaisons métallique, covalente et ionique, liaisons intermoléculaires (Liaison de VAN DER WAALS et liaison hydrogène). | On illustre l'influence des conditions expérimentales sur la formation de solides et de solides cristallins. |
| Description du cristal parfait : réseau, nœud, motif, maille élémentaire.<br>Population (nombre de motifs), compacité, coordinence, masse volumique.<br>Rayon métallique, covalent, de VAN DER WAALS ou ionique. | On présente le modèle des sphères dures.<br>On montre le calcul de ces grandeurs dans le cas général.<br>Les réseaux de BRAVAIS ne sont pas au programme. |
| **Structures métalliques** | |
| Description des modèles d'empilement compact de sphères identiques : empilement hexagonal compact ABABAB $\cdots$, empilement cubique à faces centrées ABCABC $\cdots$ | On localise les interstices tétraédriques et octaédriques entre les plans d'empilement.<br>On examine ici les deux façons les plus courantes : hc et cfc.<br>On détermine la coordinence.<br>On calcule le(s) paramètre(s) de la maille et la compacité dans les deux cas hc et cfc ainsi que le rapport c/a dans la structure hc.<br>On relie le rayon métallique, covalent, de VAN DER WAALS ou ionique, selon le cas, aux paramètres d'une maille donnée. |
| Empilements non compacts : structure cubique simple (cs), structure cubique centré (cc). | On présente chaque structure à l'aide de la maille élémentaire et on calculera le paramètre de la maille, le nombre de motifs par maille ainsi que la compacité et la masse volumique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Sites interstitiels cristallographiques : site, cubique, site octaédrique, site tétraédrique. | Il est possible d'utiliser un logiciel pour visualiser les sites.<br>On détermine la coordinence de chaque type de site ainsi que l'habitabilité d'un site. |
| Limites du modèle du cristal parfait. | On confronte les données expérimentales aux prévisions du modèle. |
| Alliages d'insertion et de substitution.<br>Condition de stabilité. | On traite un exemple de variété allotropique en exercice. |

## 4.2 Structures des corps composés ioniques et binaires

| | |
|---|---|
| Cohésion et propriétés physiques des solides ioniques. | On présente chaque structure et calculera la coordinence, la compacité ainsi que le |
| Structure de type chlorure de césium CsCl, structure de type chlorure de sodium NaCl, structure de type blende (variété cubique du ZnS), structure de type fluorine (fluorure de calcium $CaF_2$). | nombre de motifs par maille.<br>On explique la stabilité de la structure en donnant la condition sur les rayons des cations et des anions.<br>On donne des exemples de composés cristallisant dans chaque type de structure. |

## 4.3 Cristaux covalents et moléculaires

| | |
|---|---|
| Cohésion et propriétés physiques des solides covalents et moléculaires. | On relie les caractéristiques des liaisons covalentes, des interactions de VAN DER WAALS et des interactions par pont hydrogène (directionnalité ou non, ordre de grandeur des énergies mises en jeu) et les propriétés macroscopiques des solides correspondants. |
| Structure de type diamant et structure de type graphite | On donne les valeurs de l'angle C-C-C et l'énergie de la liaison C-C pour justifier que le diamant est un composé dur et isolant électrique.<br>On justifie que le carbone graphite est conducteur électrique. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

| | |
|---|---|
| Structure de la glace : type diamant. | On interprète la cohésion de la glace par l'existence d'interactions type liaison hydrogène. |

# ANNEXES

## 1 Liste de matériel de chimie

Le standard national du matériel des CPGE donne la liste globale et détaillée du matériel nécessaire à la mise en œuvre du programme de physique et chimie en ces classes.

Le tableau ci-dessous donne le matériel nécessaire à la mise en œuvre des programmes et que les élèves doivent savoir utiliser lors d'une évaluation pratique avec l'aide d'une notice simplifiée. Une utilisation de matériel hors de cette liste lors d'épreuves d'évaluation n'est pas exclue, mais elle doit obligatoirement s'accompagner d'instructions appropriées et d'une introduction guidée suffisamment détaillée.

### 1.1 Matériel

- verrerie classique de chimie analytique : burettes, pipettes jaugées et graduées, fioles jaugées, erlenmeyers, béchers, etc ;
- matériel classique du laboratoire de chimie : dispositifs de chauffage ou de refroidissement (bain-marie, bain froid, etc.), dispositifs d'agitation, matériel de filtration sous pression atmosphérique et sous pression réduite ;
- carte d'acquisition ;
- spectrophotomètre UV-visible ;
- pH-mètre et électrodes de mesure ;
- voltmètre et électrodes de mesure ;

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

- conductimètre et cellule de mesure ;
- thermomètre ;
- balance de précision.

## 2 Outils mathématiques pour la chimie

*L'utilisation d'outils mathématiques est indispensable en sciences physiques. La capacité à mettre en œuvre de manière autonome certains de ces outils mathématiques dans le cadre des activités relevant de la chimie fait partie des compétences exigibles à la fin de la première année. Le tableau ci-dessous explicite ces outils ainsi que le niveau de maîtrise attendu en fin de première année. Il est complété dans le programme de seconde année. Cependant les situations dont la gestion manuelle ne relèverait que de la technicité sont traitées à l'aide d'outils numériques (calculatrices, logiciels de calcul numérique).*

| Porgramme | Savoir-faire mathématiques exigibles |
|---|---|
| Équations algébriques : | |
| Systèmes linéaires de $n$ équations à $p$ inconnues. | Identifier les variables (inconnues) nécessaires à la modélisation du problème sous forme d'un système d'équations linéaires. On donne l'expression formelle des solutions dans le seul cas $n = p = 2$.<br>Équations non linéaires.<br>Représenter graphiquement une équation de la forme $f(x) = g(x)$ et on interprète graphiquement la ou les solutions. |
| Équations différentielles linéaires et non linéaires : | |
| Équations différentielles linéaires à coefficients constants. | Identifier l'ordre d'une équation différentielle.<br>Forme canonique.<br>Trouver la solution générale de l'équation sans second membre (équation homogène).<br>Équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants : $y' + ay = f(x)$. |

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques

| | |
|---|---|
| | Trouver la solution de l'équation complète correspondant à des conditions initiales données.<br>Représenter graphiquement cette solution.<br>Faire le lien entre les conditions initiales et le graphe de la solution correspondante. |
| Fonctions : | |
| Fonctions usuelles.<br><br><br><br><br><br>Valeur moyenne.<br>Représentation graphique d'une fonction. | Exponentielle, logarithme népérien et décimal, cosinus, sinus, tangente, puissance réelle ($x \longrightarrow x^a$).<br>Dérivée. Dérivée d'une fonction composée. Dérivée temporelle d'une fonction, notation $\frac{dx}{dt}$.<br>Connaître et utiliser les développements limités à l'ordre 1 des fonctions : $(1+x)^\alpha$, $\exp(x)$ et $\ln(1+x)$.<br>Primitive et intégrale. |

## 3 Outils numériques pour la chimie

*La prise en compte de l'enseignement de l'informatique en sciences physiques est un défi important pour notre système éducatif. L'introduction d'activités numériques dans le programme des classes préparatoires prend en compte l'importance des sciences numériques dans la formation des scientifiques notamment dans le domaine de la simulation et de la modélisation.*

*En sciences physiques, l'utilisation des outils numériques de codage en langage Python est centrée sur la découverte de cet outil de programmation et l'exploitation de fonctions extraites de ses diverses bibliothèques. Python - muni de ses nombreuses bibliothèques - est devenu le langage de référence dans les classes préparatoires scientifiques. Il peut être utilisé comme : simple calculatrice, outil de résolution, visualisation graphique (avec Matplotlib), simulation numérique (NumPy/SciPy), calcul formel (SymPy), réalisation d'interface graphique (TKinter, PyQt · · · ), production de sites, · · ·*

*Les activités numériques de codage fixées dans ce programme permettent aux élèves de développer*

Préambule
Formation expérimentale
À propos de la formation
Prévention des risques
Thèmes et objectifs
Mesures et incertitudes
Solutions acqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Structure du solide
Compte-rendu
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Cinétique des systèmes chimiques
Liens entre structure et propriétés
Structure microscopiques
ANNEXES
Liste de matériel
Outils mathématiques
Outils numériques
Table des matières

*des connaissances et des savoir-faire utiles à la physique comme le raisonnement, la logique ou la décomposition d'un problème complexe en étapes plus simples.*

*Le tableau ci-dessous explicite les outils relatifs aux activités numériques ainsi que les savoir-faire exigibles en fin de première année. Il sera complété dans le programme de physique de seconde année.*

| Programme | Savoir-faire exigibles |
|---|---|
| **1. Outils numériques** | |
| Représentation graphique d'un nuage de points. | Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque `matplotlib` pour représenter un nuage de points.<br>Utiliser les fonctions de base de la bibliothèque `matplotlib` pour tracer la courbe représentative d'une fonction.<br>Courbes planes paramétrées |
| **2. Équations algébriques :** | |
| Résolution d'une équation algébrique ou d'une équation transcendante : méthode dichotomique. | Déterminer, en s'appuyant sur une représentation graphique, un intervalle adapté à la recherche numérique d'une racine par une méthode dichotomique.<br>Mettre en œuvre une méthode dichotomique afin de résoudre une équation avec une précision donnée.<br>Utiliser la fonction `bisect` de la bibliothèque `scipy.optimize` (sa spécification étant fournie). |
| **3. Intégration-Dérivation** | |
| Calcul approché d'une intégrale sur un segment par la méthode des rectangles. | Mettre en œuvre la méthode des rectangles pour calculer une valeur approchée d'une intégrale sur un segment.<br>Calcul approché du nombre dérivé d'une fonction en un point.<br>Utiliser un schéma numérique pour déterminer une valeur approchée du nombre dérivé d'une fonction en un point |
| **4. Équations différentielles** | |
| Équations différentielles d'ordre 1. | Mettre en œuvre la méthode d'Euler explicite afin de résoudre une équation différentielle d'ordre 1.<br>Équations différentielles d'ordre supérieur ou égal à 2 |

| | |
|---|---|
| | Transformer une équation différentielle d'ordre n en un système différentiel de n équations d'ordre 1.<br>Utiliser la fonction `odeint` de la bibliothèque `scipy.integrate` (sa spécification étant fournie). |
| **5. Probabilités-statistiques** | |
| Variable aléatoire. | Utiliser les fonctions de base des bibliothèques`random` et/ou `numpy` (leurs spécifications étant fournies) pour réaliser des tirages d'une variable aléatoire.<br>Utiliser la fonction `hist` de la bibliothèque `matplotlib.pyplot` (sa spécification étant fournie) pour représenter les résultats d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire. Déterminer la moyenne et l'écart-type d'un ensemble de tirages d'une variable aléatoire.<br>Régression linéaire.<br>Utiliser la fonction `polyfit` de la bibliothèque `numpy` (sa spécification étant fournie) pour exploiter des données.<br>Utiliser la fonction `random.normal` de la bibliothèque `numpy` (sa spécification étant fournie) pour simuler un processus aléatoire. |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

# Sciences industrielles pour l'ingénieur

## 1 Préambule

Les ingénieurs de demain doivent répondre efficacement et de manière innovante aux besoins de progrès et d'amélioration de la qualité de vie des personnes et par ricochet participer dans le développement de la société dans un cadre plus large. Cette réponse se manifeste par leurs implications dans les divers secteurs de l'économie de production et de service. Ils participent aux processus de développement des systèmes à chaque étape de leurs cycle de vie, de la caractérisation du besoin jusqu'au recyclage, en respectant les contraintes écologiques visant un développement durable et en adoptant les règles et concept de l'éco-conception.

Ces nouvelles manières d'aborder les enjeux contemporains de notre société génèrent des problématiques complexes nécessitant la conception de systèmes innovants le plus souvent pluri-technologiques répondant exactement aux besoins des clients. Le développement, la réalisation et la mise en œuvre de ces systèmes nécessitent l'adoption d'une démarche d'analyse qui intègre une multitude de contraintes d'ordre réglementaire, écologique, technologique et économique.

La conciliation de ses contraintes avec les règles du marché en termes de délai et de compétitivité impose l'introduction des concepts de l'ingénierie numérique ainsi que les outils de résolution et de modélisation numérique dans le programme d'enseignement des SII.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

# 2 Présentation

## 2.1 Objectifs de la formation

L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur (SII) nécessite la mobilisation des compétences scientifiques fondamentales transversales du programme du CPGE ainsi que les outils d'analyse et de résolution numérique qui en découlent pour constituer une panoplie d'outils d'accompagnement de l'apprenant dans la recherche et la conception de solutions industrielles appropriées aux problématiques complexes liées au développement continu du processus industriel. Au terme des deux années de formation, l'appréhension des sciences industrielles vise le développement chez les élèves d'une vision globale de l'approche projet qui nécessite le développement des aptitudes de communiquer, de travailler en équipe, d'auto critique et d'ouverture.

Les compétences acquises doivent constituer une plate-forme solide sur laquelle prendra appui la formation dans les grandes écoles. Dans ces écoles, il sera question d'approfondir les savoirs appréhendés en CPGE, l'introduction et la découverte de nouvelles connaissances et compétences propres aux divers profils de formation au métier d'ingénieur.

Ce programme contribue aussi à l'approche pédagogique par les STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) qui permet de favoriser le décloisonnement entre les disciplines enseignées en CPGE marocaines.

## 2.2 Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant

L'approche des enseignements en SII s'organise autour de systèmes pluri-technologiques. Chaque système est défini à partir de besoins fonctionnels et d'exigences, de modèles numériques et d'un système matériel. Un système sera étudié dans sa globalité à partir de ces trois approches imbriquées :

- la réalité du besoin ou exigences fonctionnelles. Elle se décline dans le cahier des charges défini avec un client.
- la réalité virtuelle d'un système. Elle se traduit dans l'élaboration d'un modèle permettant de simuler son comportement afin d'en prévoir et d'en évaluer les performances.
- la réalité matérielle d'un système. Les performances du système matériel sont mesurées par expérimentation.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

L'illustration de la figure 4.1 montre les trois représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées (Démarche d'ingénieur).

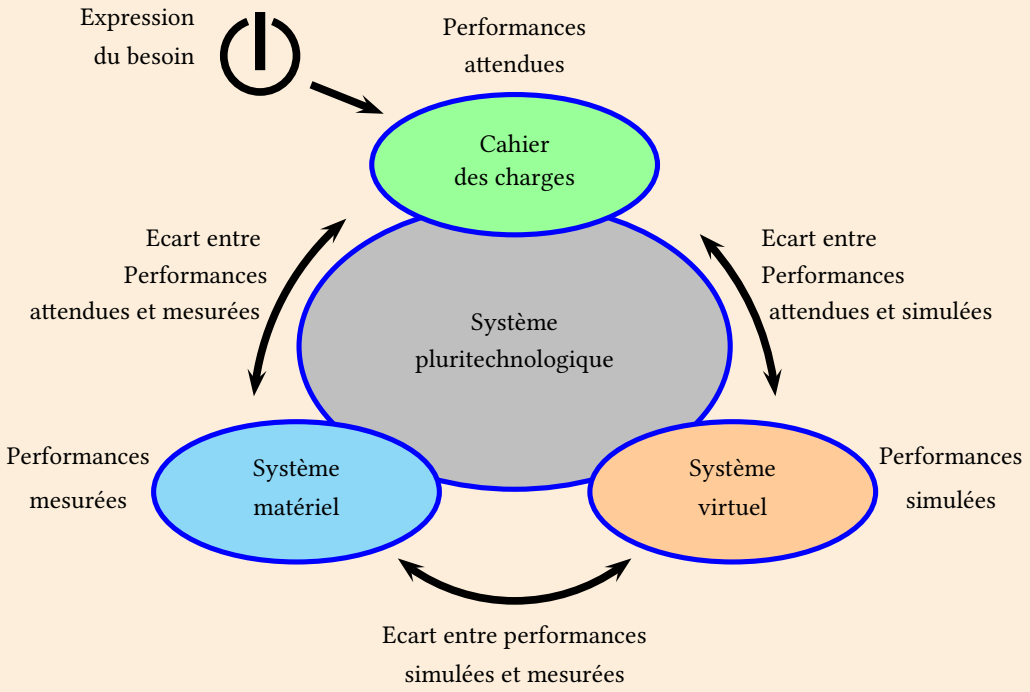


FIGURE 4.1 – Représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées

La démarche pédagogique en sciences industrielles de l'ingénieur vise à :

- s'approprier les trois réalités du système pluri-technologique (le cahier des charges, le système virtuel et le système matériel).
- comparer les performances issues de ces trois réalités.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

- optimiser le système virtuel et le système matériel afin de faire converger leurs performances vers celles attendues au cahier des charges.

Les contenus du programme des sciences industrielles de l'ingénieur permettent aux étudiants d'investir complètement la démarche de l'ingénieur en s'intéressant à toutes les représentations des systèmes. Pour cela, les enseignements en SII installent progressivement l'ensemble des connaissances et des compétences nécessaires à la maîtrise des différentes représentations d'un même objet ou système, à la comparaison des différentes performances, à l'optimisation des systèmes dans leurs réalités numérique et matérielle, afin de répondre aux attentes du client.

## 2.3 Compétences générales de l'ingénieur développées.

Les compétences développées en sciences industrielles pour l'ingénieur forment un tout cohérent, en relation directe avec la réalité industrielle qui entoure l'élève. Couplées à la démarche de l'ingénieur, elles le sensibilisent aux travaux de recherche, de développement et d'innovation. Des solutions innovantes sont modélisées de façon numérique. Ces modèles numériques permettent la simulation du comportement des systèmes pluri-technologiques afin d'obtenir des performances simulées. Une démarche expérimentale menée sur des systèmes existants vient enrichir les compétences des étudiants au service de la démarche de l'ingénieur. Elle permet la comparaison des performances simulées et mesurées avec celles attendues au cahier des charges afin d'optimiser tout ou partie du modèle numérique.

Ces compétences sont :

**analyser :** permet des études fonctionnelles, structurelles et comportementales des systèmes conduisant à la compréhension de leur fonctionnement et à une justification de leur architecture. Via les activités expérimentales, elles permettent d'acquérir une culture des solutions industrielles qui facilitent l'appropriation de tout système nouveau. Cette approche permet de fédérer et assimiler les connaissances présentées dans l'ensemble des disciplines scientifiques de classes préparatoires aux grandes écoles ;

**modéliser :** permet d'appréhender le réel et d'en proposer, après la formulation d'hypothèses, une représentation graphique, symbolique ou équationnelle pour comprendre son fonctionnement, sa structure et son comportement. Le modèle retenu permet des simulations afin d'analyser, de vérifier, de prévoir et d'améliorer les performances d'un système ;

**résoudre :** permet de donner la démarche pour atteindre de manière optimale un résultat. La résolution peut être analytique ou numérique. L'outil de simulation numérique permet de prévoir les

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

performances de systèmes complexes en s'affranchissant de la maîtrise d'outils mathématiques spécifiques ;

**communiquer :** permet de décrire, avec les outils de la communication technique et l'expression scientifique et technologique adéquate, le fonctionnement, la structure et le comportement des systèmes.

## 2.4 Activités d'enseignement.

**Cours et TD** : 2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin.

## 2.5 Organisation du programme et volume horaire indicatif

| Thème | Partie | VHI[3] | Trim. |
|---|---|---|---|
| **Ingénierie Système et diagrammes associés** | ■ présentation générale des systèmes ;<br>■ identification du besoin et des exigences ;<br>■ définition des frontières de l'analyse ;<br>■ analyse de l'organisation fonctionnelle et structurelle ;<br>■ identification et caractérisation des grandeurs physiques ;<br>■ recherche et traitement des informations ;<br>■ caractérisation des écarts. | 10h | Trim 1 |
| **Mécanique** | ■ modélisation géométrique des liaisons ;<br>■ cinématique du solide indéformable ;<br>▶ rappels et compléments du calcul vectoriel et torsoriel ;<br>▶ définition d'un solide indéformable ;<br>▶ paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide ;<br>▶ trajectoire, vecteur taux de rotation et vecteur vitesse ;<br>▶ champs des vecteurs vitesse ;<br>▶ torseur cinématique. | 12h | Trim 1 |
| **Mécanique** | ■ cinématique du solide indéformable :<br>▶ vecteur accélération,<br>▶ torseurs cinématiques des liaisons, | 8h | Trim 2 |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ▸ cinématique du contact ponctuel,<br>▸ loi entrée-sortie.<br>■ Application aux transmetteurs de puissance. | | |
| **Mécanique** | ■ statique des solides. | 10h | Trim 2 |
| **Mécanique** | ■ chaînes des solides. | 4h | Trim 3 |
| **Automatique** | ■ systèmes séquentiels. | 6h | Trim 3 |
| **Automatique** | ■ analyse d'un algorithmiques. | 2h | Trim 3 |
| **IA** | ■ introduction – Réseaux de neurones – Régression. | 4h | Trim 3 |

## 2.6 Progression

Un découpage trimestriel a été adopté pour développer le contenu du programme des sciences industrielles pour l'ingénieur. Dans le cadre de la liberté pédagogique, l'enseignant peut traiter le contenu relatif à un trimestre selon ses préférences et ses dispositions pédagogiques.

Certaines notions et compétences du programme des sciences industrielles pour l'ingénieur sont en commun avec la physique ou l'informatique.

- la mention (I) indique que la notion est en commun avec l'informatique. L'enseignant se contentera de proposer à ses élèves des applications spécifiques à la SII ;
- la mention (P) indique que la notion est en commun avec la physique. L'enseignant doit se concerter en permanence avec le professeur de physique pour éviter toute répétition.

3. Volume horaire indicatif des activités pour, cours, TD et TP confondues en heures

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

# CONTENU DÉTAILLÉ DU PROGRAMME

# Premier trimestre

## 1 Ingénierie Système et diagrammes associés

Les activités sont organisées à partir de :

- dossiers techniques incluant des documents multimédia ;
- supports physiques dédiés ;
- outils de simulation numérique.

### 1.1 Présentation générale des systèmes

- matière d'oeuvre ;
- valeur ajoutée ;
- fonction ;
- performance.

- L'étude des chaînes fonctionnelles comme sous-ensembles de systèmes permet de construire une base de données de solutions industrielles associées aux fonctions principales.

Les compétences acquises doivent permettre de :

- situer le système industriel dans son domaine d'activité ;
- identifier les matières d'oeuvre entrantes et sortantes du système ;
- préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

## 1.2 Identification du besoin et des exigences

Cahier des charges :

– diagramme des exigences.

Ainsi ces activités d'analyse et de modélisation des systèmes peuvent être introduites dès le début de l'année scolaire, et serviront de présentation pour l'enseignement dispensé tout au *long des deux années de formation.*

– critères et niveaux.

L'approfondissement des outils et du vocabulaire de communication technique se fera progressivement et horizontalement pendant l'avancement sur le programme.

– diagramme des cas d'utilisation.

Le Cahier des Charges Fonctionnel (*fourni*) est l'outil privilégié pour associer les performances attendues aux fonctions à satisfaire par un système.

## 1.3 Définition des frontières de l'analyse

- frontière de l'étude ;
- milieu extérieur ;
- flux échangés : flux de matière, flux d'information et flux d'énergie (définition et nature) ;
- codage de l'information (I) : binaire naturel, binaire réfléchi, code p parmi n ;
- impact environnemental et sociétal ;
- analyse du cycle de vie (extraction, fabrication, utilisation, fin de vie, recyclage et transport).

Les compétences acquises doivent permettre de :

- décrire le besoin ;
- traduire un besoin fonctionnel en exigences ;
- présenter la fonction globale ;
- définir les domaines d'application ;
- définir les critères technico-économiques et environnementaux ;
- isoler un système et justifier l'isolement ;
- définir les éléments influents du milieu extérieur ;
- identifier et caractériser les fonctions ;
- identifier la nature des flux échangés (Matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude ;
- identifier la nature de l'information et la nature du signal ;
- qualifier la nature des matières ;
- qualifier et quantifier les exigences (critère, niveau) ;
- lire et décoder un diagramme SysML ;

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| | • évaluer l'impact environnemental et sociétal du système.<br>L'enseignant prendra en compte les exigences liées au développement durable et sensibilisera les élèves aux aspects sociétaux.<br>La connaissance de la syntaxe d'un langage d'Ingénierie Système n'est pas exigible. La structure des diagrammes d'Ingénierie Système (SysML) est fournie. Ils peuvent être proposés à lire ou à compléter. |

## 1.4 Analyse de l'organisation fonctionnelle et structurelle

| | |
|---|---|
| ■ partie commande, partie opérative ;<br>■ relations entre partie commande et partie opérative ;<br>■ relations entre partie commande et opérateur ;<br>■ chaîne d'information et de puissance : | Les compétences acquises doivent permettre de :<br>• identifier et décrire les chaînes fonctionnelles : la chaîne d'information et la chaîne de puissance du système ;<br>• identifier et décrire les liens entre la chaîne de puissance et la chaîne d'information ; |
| ▸ Présentation de la chaîne d'information : Fonctions acquérir, traiter et communiquer. | • identifier les constituants de la chaîne d'information réalisant les fonctions acquérir, traiter et communiquer ; |
| ▸ capteurs : fonctions ; nature des grandeurs physiques d'entrées et de sorties ; nature du signal et support de l'information. | • identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions, alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir. |
| ▸ Notions de base (Succinctes) liées à l'incertitude, la résolution, la quantification, l'échantillonnage, la justesse, la fidélité, la linéarité et la sensibilité (P). | • caractériser les éléments de la chaîne d'information ;<br>• justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d'un système ;<br>• vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants ; |
| ▸ présentation de la chaîne de puis- | • analyser la réversibilité d'un constituant dans une chaîne |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| sance : fonctions alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir.<br>▸ Alimentation d'énergie : source.<br>▸ Modulateur.<br>▸ Actionneur.<br>▸ transmetteurs de puissance : vis écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, pignon-crémaillère, poulies-courroie et bielle manivelle.<br>■ diagramme de définition des blocs ;<br>■ diagramme de blocs internes ; | de puissance.<br>La description des chaînes fonctionnelles de différents systèmes permet de construire une culture technologique.<br>Les chaînes fonctionnelles, diagrammes de définition de blocs et diagrammes de bloc interne peuvent être à lire ou à compléter avec les éléments syntaxiques fournis.<br>Les compétences acquises doivent permettre de :<br>• utiliser des symboles et des unités adéquates (P) ;<br>• vérifier l'homogénéité des résultats (P) ;<br>• qualifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un système isolé.<br>• identifier la nature (grandeur effort, grandeur flux) ;<br>• décrire l'évolution des grandeurs ;<br>• critiquer les résultats issus d'une mesure ou d'une simulation ;<br>• valider ou proposer une hypothèse. |

## 1.5 Identification et caractérisation des grandeurs physiques

| | |
|---|---|
| Grandeurs utilisées :<br>■ grandeur effort, Grandeur flux ;<br>■ unités du système international ;<br>■ homogénéité des grandeurs (P).<br>Caractéristiques des grandeurs physiques :<br>■ nature physique ;<br>■ caractéristiques fréquentielles ;<br>■ caractéristiques temporelles. | Tout au long des deux années préparatoires, l'enseignant insistera sur l'évaluation des ordres de grandeur ce qui permettra à l'élève d'interpréter les résultats en vue de valider ou proposer une hypothèse. *Les normes de représentation des schémas fournies*, les compétences acquises doivent permettre de :<br>• rechercher les informations ;<br>• distinguer les différents types de documents et de données en fonction de leurs usages ;<br>• extraire les informations utiles d'un dossier technique ; |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| | • effectuer une synthèse des informations disponibles dans un dossier technique ;<br>• vérifier la nature et la pertinence des informations (obtention, véracité, fiabilité et précision de l'information) ;<br>• trier les informations selon des critères ;<br>• lire et décoder un schéma électrique, pneumatique ou hydraulique. |

## 1.6 Recherche et traitement des informations

| | |
|---|---|
| ▪ informations techniques : identification et description des constituants (actionneurs, pré-actionneurs et capteurs) ;<br>▪ schéma électrique, hydraulique et pneumatique. | Se limiter à l'introduction des notions d'écarts. D'autres compétences tels que :<br>• la quantification des écarts, leurs interprétations (vérification, recherche et proposition des causes aux écarts constatés), le traitement des données de mesures et l'extraction de leurs caractéristiques statistiques. |

## 1.7 Caractérisation des écarts

| | |
|---|---|
| ▪ définition des écarts ;<br>▪ identification des écarts. | • le choix d'un outil de communication adapté à l'interlocuteur ;<br>• la capacité à l'écoute et à la confrontation des points de vue ;<br>• la présentation des étapes d'un travail ;<br>• la capacité à présenter de manière argumentée une synthèse des résultats. seront développées tout au long des deux années préparatoires. |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

# 2 Mécanique

## 2.1 Modélisation géométrique des liaisons

### 2.1.1. Contact entre solides

Géométrie générale des contacts entre deux solides, degrés de liberté (mobilité).

### 2.1.2. Liaisons entre solides

- définition ;
- liaisons normalisées entre solides :
  - caractéristiques géométriques,
  - degrés de liberté,
  - symboles normalisés et repères d'expression privilégiés.

Les compétences acquises doivent permettre de :
- proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques.

### 2.1.3. Modélisation cinématique des systèmes mécaniques

- modélisation des liaisons, liaisons parfaites ;
- classe d'équivalence cinématique ;
- graphe de liaisons ;
- schéma cinématique : spatial et Plan.

- décoder un schéma cinématique spatial ou plan ;
- réaliser le graphe de structure ;
- réaliser un schéma cinématique simple (se limiter à 4 solides maximum) ;
- compléter une partie de schéma cinématique.

## 2.2 Cinématique du solide indéformable

**2.2.4.** Rappels et compléments de calcul vectoriel (P) et torsoriel.

Les conditions et les limites de la modélisation plane seront précisées et justifiées.

**2.2.5.** Rappels et compléments de calcul vectoriel (P) et torsoriel
- référentiel : espace, temps (P) ;
- repère attaché à un référentiel (P) ;

Mettre l'accent sur les opérations vectorielles rencontrées en cinématique (P). Seuls les éléments essentiels de la théorie des torseurs (opérations, invariants, couple et glisseur) sont présentés.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| ■ Équivalence entre référentiel et solide indéformable. | |
| **2.2.6.** Paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide (paramètres géométriques linéaires et angulaires). | Les compétences acquises doivent permettre de :<br>• paramétrer les mouvements d'un solide indéformable ;<br>• associer un repère à un solide ;<br>• identifier les degrés de liberté d'un solide par rapport à un autre solide ;<br>• justifier le paramétrage du modèle retenu.<br>Le paramétrage avec les angles d'Euler ou les angles de roulis, de tangage et de lacet est présenté, mais la maîtrise de ces angles n'est pas exigible et ne doit pas donner lieu à évaluation. |
| **2.2.7.** Dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel. Relation entre les dérivées temporelles d'un vecteur par rapport à deux référentiels distincts. Trajectoire d'un point par rapport à un référentiel. Vecteur position. Vecteur vitesse et vecteur taux de rotation de deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre (P). | Pour la dérivée d'un vecteur, on insiste sur la différence entre référentiel d'observation et éventuelle base d'expression du résultat. |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

# Deuxième trimestre

## 2 Mécanique *(suite)*

### 2.2 Cinématique du solide indéformable *(suite)*

| | |
|---|---|
| **2.2.8.** Champs des vecteurs vitesse pour un solide ; torseur cinématique ;<br>– définition du vecteur accélération ;<br>– torseurs cinématiques des liaisons normalisées, repères d'expressions privilégiées. | A partir d'un système mécanique pour lequel un *paramétrage est donné*, les compétences citées ci-dessous devront permettre de modéliser la cinématique d'un ensemble de solides et de déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide.<br>A partir d'un système mécanique pour lequel un *paramétrage est donné*, les compétences citées ci-dessous devront permettre de :<br>• déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ;<br>• exploiter le roulement sans glissement. |
| **2.2.9.** Composition des mouvements : composition des taux de rotation et des vitesses linéaires. | La composition des vecteurs accélération est hors programme. |
| **2.2.10.** Mouvements simples (translation et rotation) et composé. | |
| **2.2.11.** Cinématique du contact ponctuel entre deux solides :<br>■ roulement, pivotement ;<br>■ vitesse de glissement ; | Étant donné une chaîne cinématique, les compétences acquises doivent permettre de :<br>• déterminer les relations de fermeture géométrique ;<br>• déterminer sa loi entrée - sortie géométrique ; |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| ■ condition cinématique de maintien du contact. | • déterminer les relations de fermeture cinématique ;<br>• déterminer la loi entrée – sortie cinématique ;<br>• proposer et mettre en œuvre une démarche permettant d'obtenir les relations entre les grandeurs géométrique ou cinématique (I). |
| **2.2.12.** loi entrée-sortie géométrique et cinématique ; | L'étude des transmetteurs de puissance devra se limiter à leur loi entrée-sortie cinématique. Toute autre étude est hors programme. |
| **2.2.13.** Application aux transmetteurs de puissance : vis écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, pignon-crémaillère, poulies-courroie et bielle manivelle. | L'enseignant veillera, à travers une application simple, à initier les élèves aux méthodes graphiques de détermination des vecteurs vitesses. Toutefois, la maîtrise de ces méthodes ne devra donner lieu à aucune évaluation. |

## 2.3 Statique des solides

| | |
|---|---|
| **2.3.1.** Modélisation locale des actions mécaniques (densités linéique, surfacique et volumique d'effort) :<br>■ actions à distance et de contact ;<br>■ lois de Coulomb relatives au glissement ;<br>■ résistance au roulement et au pivotement. | Les compétences acquises doivent permettre de :<br>• associer un modèle à une action mécanique ;<br>• déterminer la relation entre le modèle local et le modèle global. |
| **2.3.2.** Modélisation globale des actions mécaniques :<br>■ torseur associé ;<br>■ frottement visqueux. | • associer à chaque liaison son torseur d'action mécanique transmissible. |
| **2.3.3.** Action mécanique transmissible par une liaison sans frottement<br>Cas des liaisons normalisées et de la modélisation plane. | • proposer et mettre en oeuvre une démarche permettant de déterminer une action mécanique.<br>• déterminer les inconnues de liaison. |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| **2.3.4.** Schéma d'analyse (graphe des actions mécaniques)<br>**2.3.5.** Principe fondamental de la Statique :<br>■ référentiel Galiléen ;<br>■ équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides ;<br>■ Énoncé du PFS ;<br>■ théorèmes généraux ;<br>■ théorème des actions réciproques. | • déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre ;<br>• exploiter et interpréter (dans la limite du possible) les résultats d'un logiciel de calcul (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus). |

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Ingénierie Système et diagrammes associés
Mécanique
Deuxième trimestre
Mécanique *(suite)*
Troisième trimestre
Mécanique *(suite)*
Automatique
Intelligence artificielle

# Troisième trimestre

## 2 Mécanique *(suite)*

### 2.4 Chaînes des solides

| | |
|---|---|
| Structure d'un mécanisme : | Un schéma cinématique d'une partie opérative étant fourni, l'étudiant doit être capable de : |
| ▸ associations de liaisons en série et en parallèle. | • identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèles ou en série par une étude statique et cinématique. |
| ▪ liaisons équivalentes. | • sans calcul, identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèle ou en série (se limiter aux cas simples et usuels) ; • simplifier un modèle de mécanisme . |
| ▪ mobilités cinématiques ; ▪ conditions et limites de la modélisation plane. | Un schéma cinématique d'une partie opérative étant fourni, l'étudiant doit être capable de : • évaluer les mobilités cinématiques dans le cas de liaisons en parallèle ou en série ; • par une approche globale, déterminer la mobilité cinématique d'une chaîne cinématique. L'enseignant pourra faire le lien avec les équations obtenues à partir de la fermeture cinématique. |

# 3 Automatique

## 3.1 Systèmes séquentiels

| | |
|---|---|
| ■ définition ;<br>■ chronogramme ;<br>■ diagramme de séquences ;<br>■ diagramme d'états : État, transition, événement, condition de garde, activité et action. | La compétence acquise sur le diagramme d'états doit permettre de décrire le comportement d'un système séquentiel et d'interpréter tout ou partie de son évolution temporelle. L'évolution temporelle des états et des variables d'un diagramme d'états est représentée sous la forme d'un chronogramme. |

## 3.2 Analyse d'un algorithme

| | |
|---|---|
| ■ définition et appel d'une fonction (I) ;<br>■ variables (type et portée) (I) ;<br>■ structures algorithmiques (boucles et tests) (I). | Les compétences acquises devront permettre de :<br>• analyser un algorithme (I) ;<br>• décrire et compléter un algorithme représenté sous forme graphique (algorigramme). |

# 4 Intelligence artificielle

| | |
|---|---|
| Introduction à l'IA :<br>■ vocabulaire et définition ;<br>■ classification et régression ; | *Introduire* aux principes d'intelligence artificielle. |
| ■ apprentissages supervisé et non supervisé. Regression linéaire. Descente du gradient. Réseaux de neurones (couches d'entrée, cachées et de sortie, neurones, biais, poids et fonction d'activation). | Le candidat devra être capable de :<br>• utiliser le vocabulaire adéquat à l'IA ;<br>• différencier entre la régression et la classification ;<br>• appréhender la régression linéaire ;<br>• analyser une solution à base de réseaux de neurones ;<br>• résoudre un problème simple en utilisant une solution à base de réseaux de neurones ;<br>• rechercher et proposer des causes aux écarts constatés. |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique



# Informatique

## 1 Préambule

Le domaine des classes préparatoires scientifiques se distingue par son orientation vers les mathématiques, la physique et les sciences de l'ingénieur, ainsi l'importance croissante des technologies de l'information et du numérique ne peut être ignorée.

Au sein des filières scientifiques, le rôle de l'informatique se révèle crucial dans la résolution de problèmes complexes de diverses disciplines. L'usage des outils informatiques devient ainsi une composante essentielle de la formation, permettant aux élèves d'acquérir des compétences polyvalentes et adaptatives, en phase avec les exigences actuelles de l'enseignement supérieur et du monde professionnel.

Dans cette perspective d'adaptation, les programmes d'informatique sont amenés à évoluer régulièrement pour rester en phase avec les dernières avancées technologiques. Le Ministère de l'Éducation nationale, du Préscolaire et des Sports s'engage donc activement dans la révision des programmes d'informatique des classes préparatoires scientifiques au Maroc, afin de garantir une formation de qualité et en adéquation avec les besoins du monde contemporain.

Le présent document a été conçu dans cette optique, visant à :

- définir la nature et les caractéristiques de l'informatique en tant que discipline d'enseignement dans les filières scientifiques des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) ;
- délimiter le cadre et la vision du programme d'informatique spécifique à ces filières ;
- indiquer les compétences clés à développer chez les élèves, en mettant l'accent sur leur pertinence dans le contexte scientifique ;

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

- fixer les finalités et les objectifs spécifiques de chaque partie du programme, en soulignant leur contribution à la formation globale des élèves ;
- préciser les approches pédagogiques qui serviront de référence pour élaborer les activités d'apprentissage liées à la discipline informatique ;
- présenter le programme ainsi que la progression qui lui est associée, offrant ainsi une feuille de route claire pour les enseignants et les apprenants.

Le but de ce document est de garantir que l'enseignement de l'informatique dans les classes préparatoires est en adéquation avec les réalités technologiques actuelles afin de préparer les élèves à réussir dans le monde en constante évolution de la technologie de l'information.

## 1.1 Contexte de la nouvelle réforme de l'informatique en C.P.G.E.

La nouvelle réforme du programme informatique dans les classes préparatoires vise à enrichir le contenu proposé aux élèves afin de leur fournir des outils plus novateurs et actuels qui peuvent leur être utiles dans la suite de leur parcours dans les grandes écoles d'ingénierie, ainsi que dans leur vie professionnelle.

Cette réforme vise également à promouvoir une approche interdisciplinaire, où l'informatique est intégrée à d'autres domaines tels que la physique, les mathématiques et les sciences d'ingénieur afin de permettre aux élèves d'utiliser l'informatique aussi bien telle quelle ou bien comme un outil pour résoudre des problèmes réels.

Il convient cependant de souligner que cette réforme ne se limite pas simplement à une extension du programme existant ; elle s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue, visant à enrichir l'expérience des élèves en introduisant de nouveaux chapitres et en actualisant les contenus existants.

Parmi les nouveautés de cette réforme, on trouve l'intégration de quelques techniques de résolution de problèmes telles que l'approche gloutonne, la programmation dynamique, les méthodes métaheuristiques représentées par la méthode de recuit simulé, ainsi que le traitement d'images et l'intelligence artificielle. Ces outils vont permettre d'élargir le champ des choix pour les élèves et leur fournir une base solide pour résoudre des problèmes en relation avec leur domaine. De plus, ils pourront les utiliser pour rechercher des solutions à certains problèmes de la vie réelle à travers leurs travaux de TIPE.

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

### 1.2 Objectifs généraux de la formation

Le programme d'informatique dans les filières scientifiques des CPGE s'ajuste aux évolutions de l'enseignement des sciences et technologies du numérique dans les écoles d'ingénieurs. L'objectif essentiel est de fournir aux élèves des CPGE les méthodes, les outils et les concepts nécessaires à la résolution informatique de problèmes variés.

La résolution informatique des problèmes dans ces filières peut s'appuyer sur des applications pratiques des mathématiques, de la physique et des sciences de l'ingénieur, couvrant ainsi un spectre étendu de domaines. Les élèves sont formés à utiliser des méthodes informatiques pour concevoir des solutions aux défis rencontrés dans ces disciplines. Cela implique également la maîtrise d'outils informatiques spécifiques afin d'apporter des solutions efficaces et précises.

Les élèves sont encouragés à aborder des problèmes du monde réel, à les traduire en termes informatiques, et à implémenter des solutions en tenant compte de la faisabilité, de la précision des calculs numériques, de l'efficacité des programmes, et des concepts liés à des différents domaines. L'approche pédagogique met en avant les travaux pratiques pour ancrer les connaissances dans des applications concrètes, contribuant ainsi à une formation complète et adaptative dans le domaine de l'informatique pour les filières scientifiques en CPGE.

## 2 Organisation et recommandations pédagogiques

### 2.1 Organisation temporelle de la formation

En première année des filières scientifiques, le programme d'informatique est élaboré pour doter les élèves des connaissances et des compétences nécessaires afin de réussir dans le domaine de l'informatique, et pour équiper les élèves des connaissances et des outils nécessaires pour exploiter la puissance de l'informatique dans les applications liées aux mathématiques, à la physique, aux sciences de l'ingénieur, les préparant ainsi pour les défis du monde moderne.

Afin d'optimiser l'apprentissage et de répondre de manière ciblée aux besoins des élèves, le programme d'informatique sera subdivisé en deux périodes distinctes, chacune poursuivant des objectifs spécifiques. Cette structuration vise à offrir une progression logique et à permettre aux élèves de développer des compétences solides en informatique, tout en intégrant harmonieusement ces connaissances dans d'autres disciplines.

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

### Première Période

Au cours de la première période, l'accent sera mis sur l'acquisition des fondamentaux de l'informatique. Les élèves seront guidés à travers un aperçu complet des systèmes informatiques, comprenant les aspects matériels et logiciels, ainsi que le codage de l'information. L'objectif principal est d'introduire les élèves à la programmation en Python, langage officiel du programme, en mettant l'accent sur les types de données composés (liste, chaîne de caractères, dictionnaire, tuple, ensemble), les piles et les files, la manipulation des fichiers, ainsi que la notion de correction et de terminaison des programmes. Cette phase posera ainsi les bases nécessaires pour la compréhension des concepts informatiques essentiels.

### Deuxième Période

La seconde période s'articule autour de l'application des connaissances informatiques dans des contextes interdisciplinaires, renforçant les liens avec les disciplines connexes. Les élèves seront amenés à appliquer leurs compétences informatiques dans des domaines tels que le traitement d'images, la résolution d'équations f(x)=0, l'intégration numérique et la résolution d'équations différentielles ordinaires. L'objectif principal de cette phase est de concrétiser les connaissances acquises en première période en les appliquant de manière pratique et pertinente, renforçant ainsi leur compréhension globale et leur capacité à résoudre des problèmes concrets.

## 2.2 Recommandations pédagogiques

L'enseignement de l'informatique en première année des filières scientifiques dans les CPGE a pour objectif de développer un raisonnement algorithmique robuste chez les élèves et de leur fournir les outils nécessaires pour résoudre des problèmes scientifiques.

Le programme d'informatique se décline en deux périodes, la première étant plus étendue pour établir des bases solides. Cette phase aborde les notions nécessaires et les objets fondamentaux du langage Python, mettant particulièrement l'accent sur la pratique à travers des séances de travaux pratiques. La deuxième période se concentre sur l'application concrète des connaissances informatiques dans des contextes interdisciplinaires, avec un accent spécifique sur les disciplines enseignées telles que les mathématiques, la physique et les sciences de l'ingénieur.

Dans le cadre de cet enseignement, plusieurs recommandations pédagogiques sont à prendre en compte :

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

- Raisonnement Algorithmique Privilégié : Accorder une importance particulière au raisonnement algorithmique, allant au-delà de la simple maîtrise du langage Python ;
- Exemples et Exercices Multidisciplinaires : Concevoir des exemples et des exercices en lien direct avec les disciplines enseignées (mathématiques, physique, sciences de l'ingénieur), concrets et inspirés du monde réel ;
- Flexibilité dans l'Organisation de l'EnseignementPermettre aux professeurs de personnaliser leur méthode pédagogique en fonction des besoins et des particularités de leurs élèves ;
- Éviter les Développements Formels Trop Théoriques : Il est recommandé de limiter les développements formels excessifs qui ne correspondent pas à l'essence de la formation. Privilégier les séances de travaux pratiques permet aux élèves de mettre en œuvre les concepts étudiés. Cependant, il convient de noter que dans le cas où il est nécessaire de démontrer la correction et la terminaison des algorithmes, une approche plus théorique peut être adoptée, mais sans en abuser ;
- Inspiration du Monde Réel : Veiller à ce que les exemples donnés soient concrets et puisent leur inspiration dans des situations réelles, en particulier des problématiques rencontrées dans les disciplines enseignées ;
- Analyse des Résultats Pratiques : Mettre l'accent sur la vérification et l'analyse des résultats pratiques.

Ces recommandations visent à créer un environnement pédagogique équilibré, favorisant le développement d'une pensée algorithmique chez les élèves en première année, tout en les préparant à appliquer ces connaissances de manière pratique dans des contextes réels et multidisciplinaires.

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

# Première période

La première période du programme d'informatique pour les élèves de la première année vise à établir des bases solides dans plusieurs domaines essentiels. Les leçons initiales se concentrent sur des sujets fondamentaux, allant de l'architecture des ordinateurs à la représentation des nombres, couvrant ainsi les éléments essentiels pour comprendre et manipuler l'information. Par la suite, une introduction au langage Python permettra aux élèves d'acquérir les compétences nécessaires pour une mise en œuvre pratique des concepts abordés. En poursuivant leur apprentissage, ils exploreront également les types de données composés tels que les listes, les chaînes de caractères, les dictionnaires, les tuples, et les ensembles, ainsi que les structures de données abstraites comme les piles et les files. De plus, une section sera dédiée à la manipulation de fichiers.

## 3 Architecture des ordinateurs et représentation des nombres

*Ce cours inaugural introduit les fondements de l'architecture des ordinateurs, du schéma de Von Neumann à la mémoire centrale, avec une focalisation particulière sur la représentation des données. Au cours de cette leçon, les élèves acquièrent une compréhension initiale des composants tels que la mémoire vive et la mémoire de masse, l'unité centrale, ainsi que des périphériques d'entrée/sortie. Il est important de noter que cette compréhension est abordée de manière superficielle . De plus, cette leçon explore en détail la représentation des données sur la machine.*

| | |
|---|---|
| introduction au traitement de l'information at aux Systèmes Informatiques | Expliquer les éléments suivants : mémoire vive, mémoire de masse, unité centrale, périphériques d'entrée/sortie<br>Expliquer le Schéma de Von Neumann. |
| Types de données | Présenter les types de données (Nombre, caractère,…) |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| Représentation des données | Représenter les nombres entiers en base 2 et 16 , et expliquer le passage entre bases.<br>Représenter les entiers positifs, les entiers signés : binaire signé, Complément à deux<br>Représenter les flottants : virgule fixe, virgule flottante (simple et double précision)<br>Montrer les limites des représentations (overflow, erreur d'arrondi, ...)<br>Avoir une idée sur la norme d'encodage de caractères ASCII |

## 4 Introduction au langage Python

*Ce cours constitue une étape fondamentale dans la progression du programme d'informatique pour les élèves de la première année. Au cours de cette phase, les élèves se familiarisent avec la syntaxe de base du langage Python, abordant des concepts tels que les variables et les types de données primitifs. Le cours se poursuit en abordant les aspects des fonctions d'entrée/sortie, permettant aux élèves d'acquérir des compétences essentielles dans la manipulation des données. La structure alternative, avec ses clauses if, elif, et else, est également présentée pour permettre aux élèves de prendre des décisions conditionnelles dans leurs programmes. Par la suite, les élèves apprennent les structures répétitives avec l'étude des boucles for et while, acquérant ainsi une maîtrise des itérations dans leurs programmes. Enfin, on aborde la notion des fonctions sous Python. Ce cours offre une base solide pour les élèves de la première année, les préparant à des concepts plus avancés dans leur parcours informatique.*

| Syntaxe de base | |
|---|---|
| Variables et types de données primitifs<br>Notion d'affectation et manipulation de l'interpréteur Python | Déclarer et initialiser les variables en utilisant l'opérateur `'='`.<br>Introduire un commentaire avec #.<br>Opérations arithmétiques sur les nombres avec (+, −, /, *, **, //, %...) |
| Fonctions d'entrée/sortie | Recevoir une entrée utilisateur en utilisant la fonc- |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| | tion `input`.<br>afficher des messages et des résultats en utilisant la fonction `print` avec `f-string`.<br>évaluer dynamiquement une expression à l'aide de : `eval, int, float` |
| **Structures conditionnelles** | |
| type booléen et opérateurs relationnels et logiques<br>La structure alternative : `if ... elif ... else` | Opérateurs relationnels : >, >=, ==, ! =, ...<br>Opérateurs logiques : `and, or, not`<br>Mettre le point sur le principe d'indentation |
| **Structures répétitives** | |
| La bocle : `for`<br>La boucle : `while` | Définir la fonction `range` Différencier entre `for` et `while` Expliquer Les instructions `break, continue`<br>Boucles conditionnées et boucles imbriquées |
| **Fonctions** | |
| Définition d'une fonction.<br>Variables locales-globales.<br><br><br>Appel d'une fonction fonctions lambda. Notion de module | Syntaxe : le mot clé `def`, nom de la fonction, paramètres, et le mot clé `return`.<br>Appeler une fonction par son nom en passant divers arguments.<br>Arguments à valeur par défaut<br>Assertions<br>Utiliser le mot `lambda` pour définir des fonctions anonymes.<br>Fonctions imbriquées |

## 5 Récursivité

*L'objectif principal de ce cours est d'introduire les élèves à la notion de récursivité en programmation et de leur fournir une compréhension approfondie des concepts associés. Les élèves apprennent à reconnaître les caractéristiques d'une fonction récursive, ainsi que les règles à suivre pour sa mise en œuvre. Ils explorent également les avantages offerts par les fonctions récursives, notamment leur capacité à résoudre des problèmes de manière élégante et concise, à savoir les situations où la*

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

*récursion est la meilleure approche, et de savoir ses limites et des problèmes potentiels qui peuvent survenir.*

| | |
|---|---|
| Définition d'une fonction récursive. | Comprendre le concept de récursion.<br>Donner des exemples simples de fonctions récursives<br>Type de récursivité : simple, double, mutuelle. |
| Pile d'appels | Comprendre le fonctionnement de la pile d'appels lors de l'exécution de fonctions récursives. |
| Limitations des fonctions récursives | Visualiser les problèmes et les limites de récursion : récursion infinie, dépassement de la taille de la pile… |

## 6 Correction et Terminaison

*L'objectif principal de ce cours est d'initier les élèves à la notion de correction et de terminaison des algorithmes. Les élèves comprendront des concepts de correction, garantissant que l'algorithme produit les résultats attendus pour tous les cas d'entrée valides, et de terminaison, assurant que l'algorithme se termine en un temps fini pour toutes les entrées valides. Ils apprendront à reconnaître les conditions nécessaires pour la correction et la terminaison des algorithmes, ainsi que les méthodes pour prouver ces propriétés.*

| | |
|---|---|
| Spécification d'une fonction | Etablir la signature d'une fonction<br>Préciser les préconditions ( utilisation de : `assert`, `type`, `isinstance` ), et les post-conditions |
| Correction totale :<br>■ correction partielle ;<br>■ terminaison. | Expliquer que la correction est totale si le résultat est correct (correction partielle) et si l'algorithme termine. |
| Jeux de tests | Créer des jeux de tests dans des cas d'entrée variés afin de vérifier le bon fonctionnement de l'algorithme dans toutes les situations possibles. |
| Variant / Invariant | Montrer sur plusieurs exemples la terminaison à |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| | l'aide d'un variant. Expliciter des invariants de boucles sur plusieurs exemples afin de montrer leur correction partielle. |
| Correction des programmes récursifs | Utiliser la preuve par récurrence pour montrer la correction des programmes récursifs. |

## 7 Types de données composés

*L'objectif principal de ce cours est d'expliquer aux élèves des différents types de données composés et des opérations qui peuvent être effectuées sur ces types. La première partie du cours se concentre sur les listes, on y explore les algorithmes de recherche et de tri appliqués aux listes, ce qui permettra aux élèves de comprendre comment accéder efficacement aux données et les organiser de manière ordonnée. Ensuite, le cours aborde les chaînes de caractères. Les élèves apprennent la définition et la manipulation du type de données str, ainsi que les fonctions prédéfinies qui simplifient la manipulation des chaînes de caractères. Ils étudient également les algorithmes couramment utilisés sur les chaînes de caractères. La dernière partie du cours est autour des dictionnaires, des tuples et des ensembles. Les élèves apprennent la définition et la manipulation de ces types de données, ainsi que les fonctions prédéfinies qui leur sont associées. Ils comprennent également comment choisir le bon type de données composé en fonction du problème posé et comment combiner et imbriquer ces structures de données pour résoudre des problèmes plus complexes.*

| Listes | |
|---|---|
| Définition et manipulation du type list. | Manipuler les listes : création, parcours, concaténation, copie simple et profonde, slicing...<br>Créer une liste par compréhension , par l'opérateur `*`, par `append` successifs. |
| Fonctions prédéfinies de manipulation de listes. | Utiliser des fonctions prédéfinies : `append`, `pop`, `len`... |
| Algorithme de recherche d'un élément dans une liste. | Recherche séquentielle/dichotomique |
| Algorithme de tri. | Catégoriser les tris : en place, stable...<br>Algorithmes de tri quadratique : sélection / à bulles / insertion |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| | Algorithmes de tri linéaire : tri par comptage |
| **Chaînes de caractères** | |
| Définition et manipulation du type `str`. | Manipuler des chaînes de caractères : création, parcours, concaténation ,slicing... |
| Fonctions prédéfinies de manipulation de chaînes de caractères. | Utiliser des fonctions prédéfinies : `split, join, len`... |
| Algorithmes sur les chaînes de caractères | Algorithmes sur les chaînes de caractères : recherche de motifs ,Vérification de la palindromie , algorithmes de cryptage élémentaires (César, Vigenère), compression RLE, … |
| **Dictionnaires, tuples et ensembles** | |
| Définition et manipulation des types `dict`, `tuple`, et `set`. | Manipuler les Dictionnaires/Tuples/Ensembles : cré-ation, parcours, opérations élémentaires … |
| Utiliser des fonctions prédéfinies utiles. | Faire appel à des fonction prédéfinies : `del, clear, copy, values, add, remove, union, intersection...` |
| Combiner et imbriquer des structures de données pour résoudre des problèmes complexes | Choisir le bon type selon le problème posé. |

## 8 Piles et Files

*Le cours sur les piles et les files, vise à familiariser les élèves avec des concepts fondamentaux de la programmation liés à la gestion et à l'organisation des données. L'objectif principal de ce cours est de fournir aux élèves une compréhension approfondie des piles et des files, et de leur donner les compétences nécessaires pour utiliser ces structures de manière efficace dans la résolution de problèmes de programmation.*

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| Pile | |
|---|---|
| Définition de la structure pile | Définir la structure pile et ses caractéristiques d'une manière abstraite. |
| Opérations de base sur une pile | Effectuer les opérations de base sur une pile : empiler, dépiler, sommet. |
| Implémentation sous Python | Implémenter une pile sous Python en utilisant des listes. |
| Applications | Aborder des applications simples utilisant les piles : notation polonaise inverse (RPN), vérification de parenthèses. |

| File | |
|---|---|
| Définition de la structure file | Définir la structure file et ses caractéristiques d'une manière abstraite. |
| Opérations de base sur une file | Effectuer les opérations de base sur une file : enfiler, défiler, tête, queue. |
| Implémentation sous Python | Implémenter une file sous python en utilisant des listes. |
| Applications | Aborder des applications simples utilisant les files : simulation de file d'attente |

## 9 Fichiers

*Le cours sur les fichiers vise à enseigner aux élèves les concepts fondamentaux liés à la manipulation des fichiers texte en Python. L'objectif principal est de leur permettre de comprendre comment créer, ouvrir, écrire et lire des fichiers texte à l'aide de Python, est de se familiariser avec les opérations de base liées à la manipulation des fichiers texte, ce qui est essentiel dans de nombreux programmes informatiques réels où la lecture et l'écriture de données depuis et vers des fichiers sont courantes.*

| | |
|---|---|
| Introduction aux fichiers texte | Comprendre la notion de fichiers texte et leur importance dans la programmation. |
| Création/ouverture de fichiers texte | Utiliser la fonction `'open()'` pour ouvrir un fichier en mode lecture/écriture. |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| Lecture des fichiers texte | Lire le contenu d'un fichier ligne par ligne et en blocs en utilisant les fonctions `read, readline,readlines`. Rechercher des données dans un fichier texte. |
| Ecriture sur les fichiers texte | Écrire des données dans un fichier texte en utilsant la fonction `write`. |
| Fermeture des fichiers texte | Fermer un fichier texte en utilsant la fonction `close`. |

# Deuxième période

La deuxième période du programme met l'accent sur l'application des concepts fondamentaux de l'informatique dans des contextes interdisciplinaires, en mettant particulièrement l'accent sur les domaines des mathématiques appliquées, de la physique, et des sciences de l'ingénieur. Au cours de cette période, les élèves acquerront des compétences avancées en programmation, tout en explorant des sujets spécifiques tels que le traitement d'images et la résolution de problèmes mathématiques complexes.

## 10 Bibliothèques mathématiques

*Ce cours introduit les élèves à l'utilisation de bibliothèques telles que numpy et matplotlib.pyplot, qui sont largement utilisées dans le calcul scientifique. Ils apprendront à manipuler efficacement les données numériques, à résoudre des problèmes mathématiques avancés et à visualiser les résultats.*

| | |
|---|---|
| Introduction à numpy | Présenter le module numpy, et son rôle dans la |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

| | |
|---|---|
| Manipulation de données avec numpy | programmation scientifique.<br>Créer des tableaux numpy, effectuer des opérations de base sur les tableaux et accéder à leurs éléments.<br>Opérations vectorielles et matricielles avec numpy. |
| Visualisation de Données avec matplotlib.pyplot | Présenter le module matplotlib.pyplot pour créer des graphiques et des visualisations.<br>Créer de graphiques simples, des diagrammes à barres, des graphiques en nuage de points... |

## 11 Introduction au traitement d'images

*Le cours sur le traitement d'images fournit aux élèves les connaissances nécessaires pour comprendre les concepts de base du traitement d'images, y compris les opérations fondamentales sur les images, les transformations géométriques et l'application de filtres par convolution. Cette compétence leur permettra d'aborder des problèmes pratiques liés à l'analyse d'images dans divers domaines, tels que la vision par ordinateur et le traitement d'images médicales.*

| | |
|---|---|
| Introduction au traitement d'images | Présenter le traitement d'images et son importance<br>Utiliser les bibliothèques matplotlib.pyplot, matplotlib.image et PIL pour ouvrir et afficher une image. |
| Opérations de base sur les images | Faire des Opérations de base sur les images : inversion d'image, Conversion d'une image en niveaux de gris, Seuillage, Calcul d'histogramme... |
| Transformations géométriques/ filtres et convolution | Effectuer des Transformations géométriques : rotation, réduction ou agrandissement...<br>Appliquer des filtres simples aux images en utilisant le produit de convolution |

Préambule
Organisation et recommandations pédagogiques
Première période
Architecture des ordinateurs et représentation des nombres
Introduction au langage Python
Récursivité
Correction et Terminaison
Types de données composés
Piles et Files
Fichiers
Deuxième période
Bibliothèques mathématiques
Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

# 12 Ingénierie numérique

*Le volet d'ingénierie numérique abordera des sujets tels que la résolution d'équations non linéaires, l'intégration numérique et la résolution d'équations différentielles ordinaires (EDO). Les élèves apprendront à appliquer différentes méthodes numériques pour résoudre ces problèmes, en mettant l'accent sur leur application dans des situations réelles et multidisciplinaires, y compris en physique et en sciences de l'ingénieur.*

| Résolution des équations $f(x) = 0$ | |
|---|---|
| Introdoction du problème | Introduire les équations non linéaires de la forme f(x) = 0. |
| Méthode de la dichotomie | Expliquer et implémenter la Méthode de la dichotomie pour trouver des solutions approchées. |
| Méthode de Newton-Raphson | Expliquer et implémenter la Méthode de Newton-Raphson pour une convergence plus rapide. |
| Fonctions prédéfinies | Utiliser les méthodes prédéfinies `bisect` et `newton` Comparer les deux méthodes, avantages et inconvénients de chaque méthode |
| **Intégration Numérique** | |
| Introduction à l'intégration numérique<br>Méthodes numériques pour calculer les intégrales | Introduire l'intégration numérique et ses applications.<br>Expliquer et implémenter la méthode des rectangles, méthode des trapèzes et méthode de Simpson pour calculer des intégrales numériques.<br>Expliquer et implémenter les méthodes composites, voir l'effet de l'augmentation du pas sur la précision.<br>Comparer la précision des méthodes dans les mêmes conditions (même fonction, même pas, etc)<br>Utiliser la méthode prédéfinie `quad` |

| | |
|---|---|
| Application à des problèmes | Appliquer ces méthodes à des problèmes d'ingénierie impliquant des intégrales. |
| **Équations Différentielles Ordinaires (EDO)** | |
| Introduction aux EDO | Introduire les équations différentielles ordinaires et leurs applications en ingénierie. |
| Méthodes numériques pour résoudre les EDO | Méthodes de résolution numérique des EDO (problème de Cauchy) : méthodes d'Euler et méthodes de Runge-Kutta. Visualiser l'effet de l'augmentation du pas sur la précision. Comparer la précision des méthodes dans les mêmes conditions (même EDO, même pas, etc) Résoudre des EDO d'ordres supérieurs et des Systèmes Différentiels Utiliser la méthode prédéfinie `odeint` Application à des problèmes Appliquer ces méthodes à des problèmes d'ingénierie impliquant des EDO. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

# Culture Arabe et Traduction

## الثقافة العربية والترجمة

يروم مقرر الثقافة العربية والترجمة تمكين التلميذ في منظومة الأقسام التحضيرية من الكفايات الترجمية المزدوجة اللغة عربية - فرنسية و التحريرية و التواصلية والثقافية والنقدية. ويتكون مقرر المادة من ثلاثة تمارين أساسية هي: التعريب و التعجيم و التعبير الكتابي بالعربية.
ولتحقيق أهداف المقرر مجتمعة فإن الإستراتيجية الدراسية المعمول بها في سلك الأقسام التحضيرية للمدارس العليا للمهندسين في مادة الثقافة العربية والترجمة تتمحور حول محاور ثلاثة :

**المحور الأول**: تعزيز القدرات اللغوية للطلبة خاصة فيما يتعلق بالترجمة ومبادئها وطرقها مع التعرض لقضاياها الرئيسة إضافة إلى القضايا اللغوية المتعلقة بالبنى الصرفية والقواعد التركيبية والمعجم والدلالة والأساليب في كلتا اللغتين العربية والفرنسية وكذا قضايا الأدب والنقد والعلوم الإنسانية ؛

**المحور الثاني**: تعزيز اطلاع الطلبة على ثقافتهم العربية و الوطنية بمختلف روافدها وأطيافها والوقوف على بعض إسهاماتها في بناء صرح الحضارة العربية الإسلامية ومن خلالها الحضارة الإنسانية؛

**المحور الثالث**: الانفتاح على الثقافات الإنسانية من خلال نصوص متنوعة في مختلف المجالات علمية أدبية فكرية فلسفية تاريخية... وذلك لترسيخ قيم التسامح والانفتاح

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

**تتكون مفردات المادة من :**

**التعريب**: التعريب لفظ متعدد المعاني، يُقصد منه على وجه الإجمال النقلُ إلى اللغة العربية من لغةٍ أخرى. أي النقل من لغة أجنبية إلى اللغة الأم، وهي هنا العربية. وفي هذا السياق، تُنقل نصوص فكرية وأدبية و علمية من اللغة الأجنبية إلى العربية مع إيجاد مقابلاتٍ عربية للمفاهيم والمحتويات الجديدة.

**التعجيم**: تنقل الألفاظ والنصوص إلى اللغات الأعجمية. أي من اللغة الأم، وهي العربية، إلى اللغة الأجنبية. وفي هذا السياق، تُنقل نصوص فكرية وأدبية و علمية من اللغة الأم إلى اللغة الأجنبية مع إيجاد مقابلاتٍ في اللغة الهدف للمفاهيم والمحتويات الجديدة.

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

**التعبير الكتابي**: يحتل موضوع التعبير الكتابي مكانة مهمة ضمن مقرر الثقافة العربية والترجمة. فبواسطته يبرز المتعلم أفكاره، ويعبر عن أحاسيسه، ويظهر معالم شخصيته ويدمج ما اكتسبه، كما يعالج موضوعات متعلقة بمجالات حياته واهتماماته، فينمي قدراته الكتابية و الحجاجية والنقدية والإبداعية لتقوية ثقافته العامة و التخصصية. التعبير الكتابي باللغة العربية، إذن، تمرين كتابي وفكري مركز (عدد الكلمات محدد: 150) تحترم فيه قواعد الإنشاء والتحرير المعيارية من مقدمة وعرض وخاتمة و تحليل نقدي مميز.

**ملحوظة**: وفي الختام، يدرس حاليا مقرر دعم الكفايات اللغوية في الفرنسية خلال الأسدس الأول و تدرس مادة الثقافة العربية والترجمة في الدورة الثالثة والأخيرة.

## ACTIVITÉS DES TRIMESTRES 1 ET 2

# Renforcement des compétences linguistiques

Destiné aux élèves de première année des CPGE, le *renforcement des compétences linguistiques (RCL)* consiste à doter ces derniers des prérequis linguistiques nécessaires pour entamer la préparation aux épreuves de français des concours marocains et étrangers dans les meilleures conditions. Plus spécifiquement, il vise le développement de leurs capacités de réception, de production et d'interaction en langue française, répondant ainsi à leurs besoins communicationnels généraux, ainsi qu'à leurs attentes spécifiques liées à la formation en classes préparatoires et aux exigences des épreuves des concours d'entrée aux Grandes Écoles. On peut résumer les objectifs du RCL comme suit :

- renforcer les compétences communicationnelles acquises durant le cycle secondaire qualifiant sur le double plan linguistique et culturel ;
- doter tous les élèves de première année des prérequis linguistiques nécessaires pour aborder les programmes des CPGE dans les meilleures conditions ;
- fournir aux élèves des repères culturels et civilisationnels qui enrichissent leur culture générale

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

et éclairent les situations de communication contemporaines ;

- amener les élèves à atteindre un niveau plus élevé de compréhension et d'expression, tant à l'écrit qu'à l'oral, et favoriser leur autonomie en matière d'apprentissage des langues ;
- renforcer les capacités d'analyse et de synthèse et développer l'esprit critique.

Pour atteindre ces objectifs, l'approche adoptée dans le cadre du RCL se situe dans une perspective de type actionnel. Le choix de cette approche est justifié par sa compatibilité avec les besoins et les objectifs des élèves des classes préparatoires, amenés à effectuer des tâches langagières liées au contexte de leur formation et aux exigences des concours auxquels ils se préparent.

Afin de dispenser un enseignement adapté au niveau des élèves, un test est organisé au début de la première année. Ce test permet de répartir les élèves en trois groupes de niveau homogène. Chacun de ces groupes suit, pendant les deux premiers trimestres, l'un des trois parcours de renforcement linguistique mis en place : (A2 → B1 ; B1→ B2 et B2 → C1).

Le programme ci-dessous présente l'ensemble des quatre modules étudiés en première année des filières scientifiques et techniques.

# 1 Programme du niveau A2

## Unité 1.1. Langue française

### Séquence 1.1.1. Apprendre le français

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter une langue. |
| Communication | • donner son avis sur une langue. |
| Culture et société | • de l'histoire de la langue française ;<br>• la francophonie ;<br>• les chiffres du français dans le monde. |
| Langue | • c'est +adjectif + (de +infinitif)…<br>• le suffixe -phonie : francophonie…<br>• verbes de parole ;<br>• la prononciation du « s » final. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche finale | • présenter l'importance de la langue française ;<br>• justifier son apprentissage du français comme langue étrangère. |

### Séquence 1.1.2. Parler le français

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer ses émotions, ses exploits ou ses difficultés lors de son expérience d'apprentissage de langue. |
| Communication | • informer sur un objectif d'apprentissage ;<br>• exprimer une motivation ;<br>• expliquer son rapport au français. |
| Culture et société | • se motiver et s'engager dans le processus d'apprentissage du français comme langue étrangère. |
| Langue | • parce que et pour... ;<br>• les trois groupes de conjugaison ;<br>• vocabulaire relatif à l'apprentissage des langues ;<br>• lexique des émotions et des difficultés. |
| Tâche finale | • faire part de ses sentiments lors de son expérience d'apprentissage d'une langue ;<br>• présenter les raisons pour lesquelles on étudie le français. |

## Unité 1.2. Études et loisirs

### Séquence 1.2.1. Présenter mes études

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • se présenter en indiquant son parcours scolaire. |
| Communication | • présenter des informations sur soi ;<br>• parler de ses études. |
| Culture et société | • connaître et utiliser les salutations d'usage ;<br>• s'initier au rituel de la conversation. |
| Langue | • conjugaison au présent de l'indicatif et/ou au passé composé des verbes usuels indiquant des occupations quotidiennes ;<br>• vocabulaire des études. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche finale | • simuler un entretien de personnalité : se présenter, décliner son parcours scolaire et ses objectifs ;<br>• rédiger une lettre de motivation pour une offre de bourse ou pour un stage. |

### Séquence 1.2.2. Parler de mes loisirs

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • définir/ informer sur ses goûts et loisirs. |
| Communication | • se présenter ;<br>• informer ;<br>• définir ses goûts et loisirs. |
| Culture et société | • utiliser le niveau de langue courant ;<br>• s'initier aux modalités d'une étude, d'un sondage. |
| Langue | • emploi de l'infinitif ;<br>• prépositions ;<br>• vocabulaire des activités quotidiennes école, travail, voyage… ;<br>• « h » muet/aspiré. |
| Tâche finale | • simuler un entretien de personnalité : se présenter à travers ses loisirs et ses passions ;<br>• rédiger un mail à un ami pour partager avec lui son expérience dans le « club loisirs » de son établissement. |

## Unité 1.3. Culture

### Séquence 1.3.1. Littérature

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter un souvenir. |
| Communication | • situer dans le temps ;<br>• situer dans l'espace ;<br>• rapporter un événement. |
| Culture et société | • le registre littéraire ;<br>• les codes du roman épistolaire. |
| Langue | • le passé composé et l'imparfait ;<br>• la localisation temporelle ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • le lexique des livres et de la lecture. |
| Tâche finale | • raconter le souvenir de la première lecture ;<br>• rédiger un article dans lequel on raconte le souvenir de la première réunion du cercle de lecture, en vue de le publier dans la rubrique « culture » du journal du centre. |

### Séquence 1.3.2. Cinéma

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire une scène. |
| Communication | • présenter ;<br>• définir ;<br>• caractériser. |
| Culture et société | • introduction à l'univers du 7e art. |
| Langue | • les verbes pronominaux ;<br>• les pronoms personnels objets ;<br>• le lexique du cinéma. |
| Tâche finale | • décrire le plateau de tournage ;<br>• rédiger un texte dans lequel on décrit la scène préférée d'un film en vue de le publier dans un blog dédié au 7e art. |

## Unité 1.4. Travail

### Séquence 1.4.1. Univers emploi !

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer des sentiments positifs ou négatifs. |
| Communication | • exprimer des émotions ;<br>• parler d'un emploi ou d'un stage ;<br>• parler d'un état émotionnel. |
| Culture et société | • connaître le marché du travail ;<br>• découvrir le lexique de l'emploi ;<br>• connaître le lexique des émotions : tristesse et mélancolie. |
| Langue | • la négation : ne… pas, ne….plus, ne… jamais ;<br>• vocabulaire de l'entreprise. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche finale | • simuler un entretien avec un employeur ou un responsable des ressources humaines dans lequel on exprime des sentiments positifs pour décrocher un stage d'été.<br>• rédiger une lettre de candidature dans laquelle on exprime sa motivation pour décrocher un stage d'été. |

### Séquence 1.4.2. Métiers du futur

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • parler des métiers de l'avenir. |
| Communication | • informer sur les métiers de l'avenir ;<br>• parler de son métier futur ;<br>• présenter les métiers du futur. |
| Culture et société | • découvrir les métiers menacés et les plus convoités à l'avenir. |
| Langue | • futur simple ;<br>• conditionnel présent ;<br>• vocabulaire des métiers du futur. |
| Tâche finale | • simuler une interview avec un journaliste au sujet des métiers de l'avenir ;<br>• réaliser un flyer représentant les métiers de l'avenir. |

## Unité 1.5. Science

### Séquence 1.5.1. Progrès scientifique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les avantages de la science. |
| Communication | • présenter ;<br>• approuver ;<br>• exposer. |
| Culture et société | • la gestuelle et l'organisation de l'espace ;<br>• respecter le rituel de politesse. |
| Langue | • les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ;<br>• les adverbes d'intensité : bien, très, trop… |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • vocabulaire de la recherche scientifique. |
| Tâche finale | • dans le cadre du projet de l'établissement : réaliser des workshop (prévoir des affiches, photos avec légendes, vidéos …) sur les bienfaits des inventions scientifiques ;<br>• réaliser une affiche sur les avantages de la science. |

### Séquence 1.5.2. Dangers de la science

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les inconvénients du progrès scientifique. |
| Communication | • déprécier ;<br>• illustrer par des exemples ;<br>• exprimer son point de vue : accepter/ rejeter. |
| Culture et société | • dire pourquoi une chose plaît ou déplaît ;<br>• exprimer ses opinions ;<br>• donner brièvement des justifications ;<br>• s'initier à la pensée polémique. |
| Langue | • les pronoms relatifs simples Qui / Que ;<br>• les articulateurs logiques : mais / parce que ;<br>• vocabulaire des sciences. |
| Tâche finale | • dans le cadre de la célébration de la journée mondiale de la science ;<br>• réaliser un flyer pour montrer les inconvénients du progrès scientifique. |

## 2 Programme du niveau B1S

### Unité 2.1. Société

#### Séquence 2.1.1. Vivre ensemble

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène social. |
| Communication | • décrire un phénomène social ;<br>• décrire un lieu ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • situer dans l'espace. |
| Culture et société | • sensibiliser à l'importance du vivre-ensemble ;<br>• valeurs et discours de tolérance. |
| Langue | • l'imparfait de description et d'habitude ;<br>• la voix passive ;<br>• les prépositions et les adverbes de lieu ;<br>• vocabulaire du vivre-ensemble, la tolérance ;<br>• le son [ʒ] et les verbes en [ɡ]. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : décrire oralement un phénomène social, décrire un lieu et situer dans l'espace ;<br>• rédiger un article à publier dans le journal scolaire.<br>afin de décrire les comportements et les attitudes promouvant le vivre-ensemble. |

### Séquence 2.1.2. Être citoyen

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire une personne. |
| Communication | • décrire une personne ;<br>• caractériser ;<br>• demander des informations. |
| Culture et société | • valeurs universelles de la citoyenneté. |
| Langue | • les pronoms relatifs simples ;<br>• les démonstratifs ;<br>• l'adverbe de manière en « ment » ;<br>• vocabulaire de la citoyenneté ;<br>• les sons[ ] et [ ]. |
| Tâche finale | • simulation de micro-trottoir pour caractériser, décrire une personne et demander des informations ;<br>• rédaction d'un article pour dresser le portrait du citoyen modèle. |

## Unité 2.2. Médias

### Séquence 2.2.1. Information

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un sentiment. |
| Communication | • exprimer un sentiment négatif ;<br>• se plaindre ;<br>• exprimer sa tristesse, son indignation, son ennui. |
| Culture et société | • découvrir l'univers des médias ;<br>• sensibiliser au phénomène du tapage médiatique. |
| Langue | • l'accord du participe passé ;<br>• les pronoms et déterminants indéfinis ;<br>• la négation sans +infinitif ;<br>• lexique des médias ;<br>• les sons [œ], [Ø] et [u]. |
| Tâche finale | • exprimer son point de vue sur les programmes de télévision ;<br>• rédiger un article destiné au journal du centre pour exprimer son point de vue et ses sentiments sur les programmes de télévision. |

**Séquence 2.2.2.** Réseaux sociaux

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un sentiment positif ou négatif ; |
| Communication | • exprimer un sentiment positif, exprimer sa joie, sa gratitude, son intérêt. |
| Culture et société | • comprendre l'univers des nouveaux médias ;<br>• relativiser son opinion. |
| Langue | • déterminants : pronoms et adjectifs possessifs ;<br>• verbes de sentiments + subjonctif ;<br>• exprimer le souhait : conditionnel présent+ subjonctif : j'aimerais + subjonctif ;<br>• lexique des sentiments ;<br>• les sons [i] et [y]. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : dire son sentiment négatif ou positif par rapport aux réseaux sociaux ;<br>• rédiger un article dans lequel on raconte son histoire avec les réseaux sociaux en vue de le publier dans un blog. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

## Unité 2.3. Littérature

### Séquence 2.3.1. Récit

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter un événement passé, un souvenir. |
| Communication | • parler du passé ;<br>• situer des événements dans le temps. |
| Culture et société | • réfléchir à la place de la littérature dans la vie des hommes : livres, lecture, création, fiction, imagination, évasion… . |
| Langue | • les temps du passé : passé composé ou imparfait ;<br>• le plus-que-parfait ;<br>• localisation temporelle : prépositions et adverbes de temps ;<br>• les genres littéraires ;<br>• h muet/ h aspiré. |
| Tâche finale | • concours d'improvisation : «Meilleur récit d'une journée extraordinaire » ;<br>• produire une brève autobiographie. |

### Séquence 2.3.2. Essai littéraire

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter pour justifier son point de vue. |
| Communication | • exemplifier pour étayer un propos ;<br>• raconter une anecdote pour illustrer son point de vue Culture et société ;<br>• sensibiliser à l'emprise des clichés et des stéréotypes sur les esprits dans toutes les cultures. |
| Langue | • le discours rapporté ;<br>• la concordance des temps ;<br>• les doubles pronoms ;<br>• lexique de la littérature engagée, de l'engagement intellectuel ;<br>• le phénomène de la liaison. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : transposer au style indirect un discours direct ;<br>• rédiger un texte argumentatif où on met en cause un stéréotype social de son choix. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

## Unité 2.4. Philosophie

### Séquence 2.4.1. Philosopher

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un jugement, une opinion. |
| Communication | • dire du bien de quelque chose, faire l'éloge, exprimer sa certitude. |
| Culture et société | • Écouter et respecter la parole de l'autre ;<br>• tolérer la différence. |
| Langue | • le gérondif ;<br>• la négation avec la conjonction de coordination «ni» ;<br>• lexique de la philosophie et de la méditation ;<br>• les sons : [ã], [ ]. |
| Tâche finale | • table ronde : donner son opinion sur l'importance de l'enseignement de la philosophie au collège ;<br>• rédiger un texte où l'on montre l'utilité de l'apprentissage de la philosophie dans la vie des étudiants en CPGE. |

### Séquence 2.4.2. Bien et Mal

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un jugement, une opinion. |
| Communication | • exprimer un jugement, une opinion, Approuver, désapprouver. |
| Culture et société | • les sujets de polémique : l'art de polémiquer sans heurter son interlocuteur. |
| Langue | • la mise en relief avec "c'est" ;<br>• l'expression de l'hypothèse avec "Si" ;<br>• vocabulaire relatif à la morale et à l'éthique ;<br>• distinguer entre les sons :[œ], [Ø] et [ə]. |
| Tâche finale | • exprimer son opinion sur les notions du Bien et du Mal ;<br>• rédiger un discours où on donne son jugement à propos des notions du Bien et du Mal. |

## Unité 2.5. Avenir

### Séquence 2.5.1. Quelle planète pour demain ?

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les avantages de la science. |
| Communication | • présenter ;<br>• approuver ;<br>• exposer. |
| Culture et société | • la gestuelle et l'organisation de l'espace ;<br>• respecter le rituel de politesse. |
| Langue | • les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ;<br>• les adverbes d'intensité : bien, très, trop… <br>• vocabulaire de la recherche scientifique. |
| Tâche finale | • dans le cadre du projet de l'établissement : réaliser des workshop (prévoir des affiches, photos avec légendes, vidéos …) sur les bienfaits des inventions scientifiques ;<br>• réaliser une affiche sur les avantages de la science. |

## Séquence 2.5.2. Homme-machine

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • parler de l'avenir : argumenter. |
| Communication | • introduire ;<br>• développer ;<br>• hiérarchiser ;<br>• démontrer ;<br>• conclure. |
| Culture et société | • découvrir les nouveautés dans le domaine de l'innovation scientifique. |
| Langue | • les liens chronologiques du discours : d'abord, ensuite, enfin ;<br>• futur simple ;<br>• vocabulaire scientifique ;<br>• le « S » de plus. |
| Tâche finale | • exprimer son point de vue sur la thématique de l'écologie ;<br>• rapporter les différents points de vue exprimés lors de la table ronde. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

# 3 Programme du niveau B2S

## Unité 3.1. Langues

### Séquence 3.1.1. Plurilinguisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • découvrir un fait de société : le plurilinguisme. |
| Communication | • caractériser ;<br>• décrire un fait de société. |
| Culture et société | • le rituel de la réunion formelle ;<br>• l'art de l'exposition ;<br>• nuances sémantiques ;<br>• continuité de la parole ;<br>• langue recherchée. |
| Langue | • noms accompagnés de la préposition 'de'/'à' + infinitif ;<br>• les pronoms relatifs composés ;<br>• les pronoms compléments « y » et « en » ;<br>• le lexique du plurilinguisme. |
| Tâche finale | • présenter et décrire les caractéristiques du paysage linguistique marocain à des étudiants étrangers ;<br>• rédiger un texte descriptif à publier dans un magazine de société autour de la thématique suivante : « La diversité linguistique au Maroc ». |

### Séquence 3.1.2. Traduction

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène culturel : la traduction. |
| Communication | • caractériser ;<br>• décrire un phénomène culturel ;<br>• débattre. |
| Culture et société | • le rituel de la réunion formelle ;<br>• l'art de l'exposition ;<br>• la polysémie ;<br>• des expressions toutes faites. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • continuité de la parole ;<br>• langue recherchée. |
| Langue | • l'antériorité, la simultanéité, la postérité : concordance des temps et articulateurs chronologiques ;<br>• la modalisation devoir/pouvoir + infinitif ;<br>• le lexique de la traduction. |
| Tâche finale | • participer à un débat autour du rôle de la traduction dans le rapprochement des peuples et dans la promotion de la culture de paix ;<br>• rédiger un article à publier dans la revue électronique du centre autour du rôle de la traduction dans la promotion de la diversité linguistique. |

## Unité 3.2. Art

### Séquence 3.2.1. Peinture

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer des sentiments positifs « en contexte artistique ». |
| Communication | • exprimer sa joie ;<br>• exprimer son admiration. |
| Culture et société | • la tenue d'une discussion formelle ou informelle : l'implicite culturel (tours de parole, volume de la voix, intonation...) ;<br>• le domaine culturel : cinéma, littérature, arts plastiques...<br>• langue de spécialité. |
| Langue | • adjectifs de couleur ;<br>• le passé simple, temps du récit écrit ;<br>• lexique de la peinture ;<br>• l'expression des sentiments quant /quand/qu'en. |
| Tâche finale | • exprimer des sentiments positifs (joie, soulagement, admiration, bonheur, espoir...) après avoir contemplé une toile de peinture ;<br>• rédiger un article destiné à être publié dans le webjournal scolaire afin d'exprimer des sentiments positifs que vous avez éprouvés lors du vernissage de la dernière exposition. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

### Séquence 3.2.2. Théâtre

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • reconnaître des sentiments négatifs « dans une pièce de théâtre ». |
| Communication | • exprimer une hostilité ;<br>• exprimer son désespoir. |
| Culture et société | • la tenue d'une discussion formelle ou informelle : l'implicite culturel (tours de parole, volume de la voix, intonation...) ;<br>• le ton du discours (comique, tragique, lyrique...) ;<br>• langue de spécialité. |
| Langue | • adjectifs accompagnés de prépositions ;<br>• la restriction : ne ... que ;<br>• expression des sentiments négatifs ;<br>• vocabulaire du théâtre. |
| Tâche finale | • jeu de rôles : procéder à la mise en voix d'une scène extraite d'une pièce de théâtre ;<br>• pastiche : imaginer un dialogue théâtral dans lequel un ou deux personnage(s) exprime(nt) un sentiment négatif (hostilité, embarras, désespoir...). |

## Unité 3.3. Science

### Séquence 3.3.1. Science et vérité

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un avis sur les avancées scientifiques. |
| Communication | • exprimer une opinion : éloge/avantages ;<br>• apprécier ;<br>• approuver. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité.<br>• l'octroi d'une place à la langue dite recherchée ;<br>• l'initiative de la parole, la prise de parole au moment voulu et de la bonne manière, la continuité d'une conversation, la clôture de la conversation lorsqu'il le faut ; |
| Langue | • verbes accompagnés de prépositions ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • verbes + subjonctif ou indicatif ;<br>• les formes impersonnelles : degré de certitude Lexique de la science. |
| Tâche finale | • exprimer son avis en énumérant les avantages des vaccins en général et de ceux contre la Covid 19 en particulier ;<br>• dans un article destiné à être publié dans le journal de son établissement, rédiger un article dans lequel on loue le rôle des découvertes scientifiques dans l'amélioration de la vie des êtres humains. |

### Séquence 3.3.2. Bioéthique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • dénoncer les abus du progrès scientifique. |
| Communication | • exprimer une opinion : critique/ Inconvénients ;<br>• critiquer ;<br>• désapprouver. |
| Culture et société | • analyser un fait de société : politique, éducation, culture, religion...<br>• identification et pratique de l'implicite interculturel (voix, expression faciale, tours de parole…). |
| Langue | • l'expression de l'hypothèse.<br>• l'expression de la concession : bien que + subjonctif.<br>Lexique de la bioéthique . |
| Tâche finale | • exprimer son avis concernant le clonage ;<br>• rédiger un article argumenté et illustré sur le don d'organes en vue de le publier dans un magazine scientifique. |

## Unité 3.4. Démocratie

### Séquence 3.4.1. Suffrage

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • reconnaître une pratique politique. |
| Communication | • rapporter ;<br>• résumer. |
| Culture et société | • maîtriser le registre formel ;<br>• observer une action politique ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • communication verbale et non verbale (gestuelle appropriée). |
| Langue | • connecteurs organisationnels :<br>D'abord, ensuite, puis, enfin./ D'une part, d'autre part/ Par ailleurs/ D'ailleurs ;<br>• discours direct/Discours indirect ;<br>• lexique du « suffrage ». |
| Tâche finale | • animer un débat autour du sujet « Jeunesse et abstentionnisme » (s'exprimer oralement et de manière continue) ;<br>• rédiger un article de journal dans lequel on vante les avantages et les utilités de l'implication politique et sociale dans la vie publique. |

### Séquence 3.4.2. Société civile

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • défendre une valeur sociale. |
| Communication | • synthétiser des informations et des arguments ;<br>• argumenter ;<br>• défendre. |
| Culture et société | • registre de valeurs sociales ;<br>• vivre en communauté ;<br>• communiquer ;<br>• sensibiliser. |
| Langue | • enrichissement des articulateurs logiques :<br>◆ l'expression de l'opposition / la concession,<br>◆ le participe présent/Adjectif verbal,<br>◆ l'expression explicite et implicite de la conséquence,<br>◆ lexique des valeurs civiques. |
| Tâche finale | • micro-trottoir sur la thématique de l'argent donné aux mendiants ;<br>• rédiger un article de journal sur la solidarité sociale. |

## Unité 3.5. Éducation

### Séquence 3.5.1. Famille

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • commenter et justifier les résultats d'une étude. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Communication | • argumenter ;<br>• justifier un point de vue ;<br>• commenter. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité ;<br>• intervenir de manière adéquate dans une conversation ;<br>• utiliser des expressions figées usuelles dans un échange.<br>• comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques. |
| Langue | • l'infinitif passé ;<br>• les expressions idiomatiques relatives à la famille ;<br>• la modalisation : les auxiliaires de modalité : pouvoir, devoir, falloir, sembler ;<br>• lexique de la famille. |
| Tâche finale | • réagir de façon argumentée à la chanson du groupe de rap « Section d'assaut » intitulée « Avant qu'elle parte ! » ;<br>• rédiger un article argumentatif sur la résilience de la famille marocaine en temps de crise. |

## Séquence 3.5.2. École

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • réagir à un phénomène de société. |
| Communication | • argumenter ;<br>• justifier un point de vue ;<br>• expliquer. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité ;<br>• comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques ;<br>• participer à un débat pour contester l'opinion dominante. |
| Langue | • enrichissement des articulateurs logiques : l'expression de la cause : cause écartée/cause retenue (ce n'est pas que/non que+ subjonctif, mais parce que + indicatif ; pour la simple raison que) ;<br>• les expressions idiomatiques relatives à l'école ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| | • le lexique de l'école. |
| Tâche finale | • participer à la consultation nationale sur l'amélioration de l'école publique en formulant des propositions pour les exposer devant la classe ;<br>• rédiger un article de journal sur la capacité de l'école à s'adapter aux mutations de son environnement socio- économique. |

## 4 Programme du niveau C1

### Unité 4.1. Ville

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • caractériser, décrire un lieu (la ville). |
| Communication | • décrire la ville, l'espace urbain ;<br>• caractériser pour produire un effet ;<br>• caractériser pour idéaliser, pour diaboliser. |
| Culture et société | • découvrir les mutations qu'a connues l'espace urbain ;<br>• caractériser la ville du futur, la ville intelligente. |
| Langue | • les prépositions de localisation ;<br>• l'anaphore (figure de style) ;<br>• l'apposition ;<br>• le vocabulaire de la mobilité urbaine intelligente ;<br>• le vocabulaire de l'urbanisme. |
| Tâche finale | • présenter un diaporama descriptif d'une ville ;<br>• dans le cadre d'un concours de la mairie « notre ville en 2050» ;<br>• décrire la ville de demain. |

### Unité 4.2. Féminisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène social. |
| Communication | • décrire le féminisme, ses courants, et ses mutations ;<br>• décrire pour informer ;<br>• décrire pour sensibiliser. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Culture et société | • interroger l'évolution du mouvement féministe et ses éventuelles dérives ;<br>• amener les élèves à réfléchir sur la problématique relation homme/femme au sein de la société ;<br>• s'interroger sur la condition féminine dans notre région : le Maghreb. |
| Langue | • la préposition dans le complément du nom ;<br>• la préposition + le pronom relatif lequel ;<br>• les figures de style : métaphore et périphrase ;<br>• vocabulaire des différents courants féministes. |
| Tâche finale | • créer un podcast décrivant les mutations de la condition féminine au Maroc pour participer à une compétition organisée par une radio à l'occasion de la Journée Nationale de la Femme (le 8 octobre de chaque année) ;<br>• rédiger un manifeste pour le compte d'un mouvement défendant une intégration équitable de la femme maghrébine dans la société civile et la sphère politique. |

## Unité 4.3. Littérature et cinéma

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter : parler du passé. |
| Communication | • produire un récit en s'inspirant d'une œuvre littéraire ou d'un film. |
| Culture et société | • l'implicite ;<br>• les procédés d'adaptation cinématographique. |
| Langue | • le passé simple ;<br>• le passé antérieur ;<br>• l'antériorité ;<br>• vocabulaire du cinéma et de la littérature ;<br>• expressions idiomatiques. |
| Tâche finale | • raconter oralement une scène d'un film adapté d'un roman ;<br>• rédiger un récit pour participer à un concours d'écriture pour jeunes auteur.e.s. |

## Unité 4.4. Médias

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer sa position, son point de vue en organisant ses idées. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Communication | • exprimer une opinion ;<br>• prendre position ;<br>• introduire une idée. |
| Culture et société | • se prémunir contre les fausses informations ;<br>• développer un esprit critique ;<br>• utiliser des expressions idiomatisées en rapport avec le thème. |
| Langue | • les verbes d'opinion avec la négation et l'interrogation ;<br>• expressions pour introduire une idée ;<br>• vocabulaire des médias ;<br>• expressions idiomatiques. |
| Tâche finale | • s'exprimer pour condamner les fausses informations ;<br>• rédiger un fascicule pour démêler l'info de l'intox. |

## Unité 4.5. Numérique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exposer, développer un sujet. |
| Communication | • débattre à propos d'un sujet polémique ;<br>• exprimer son opinion et la développer. |
| Culture et société | • découvrir un discours valorisant ou diabolisant un phénomène ;<br>• rituel de la prise de parole dans un débat ;<br>• approuver/ désapprouver ;<br>• utiliser les expressions idiomatiques. |
| Langue | • les mots-valises ;<br>• les latinismes ;<br>• l'expression de l'intensité :<br>◆ les préfixes et les suffixes d'intensité,<br>◆ les expressions idiomatiques exprimant une intensité,<br>◆ vocabulaire du numérique. |
| Tâche finale | • participer à un débat d'idées : la réalité virtuelle, refuge ou piège ?<br>• publier un article dans lequel on dénonce les dérives de l'univers virtuel et on fait appel à sa moralisation. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

## Unité 4.6. Consommation

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • rapporter des propos. |
| Communication | • rapporter ;<br>• reformuler ;<br>• expliquer ;<br>• clarifier. |
| Culture et société | • adapter le registre de langue à la situation de communication ;<br>• la langue de spécialité. |
| Langue | • les registres de langue ;<br>• le discours direct et indirect ;<br>• les expressions de reformulation (de clarification) ;<br>• la consommation/ la surconsommation/ la consommation responsable. |
| Tâche finale | • sous forme de jeu de rôles, expliquer son avis sur le lien entre bonheur, consommation, et partage ;<br>• rédiger le compte rendu d'un sondage effectué en lignes par le magazine 60 millions de consommateurs sur nos modes et habitudes de consommation en vue de le publier dans un journal local. |

## Unité 4.7. Alimentation

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • justifier un point de vue par des arguments et des exemples pertinents. |
| Communication | • exprimer son point de vue ;<br>• donner des arguments ;<br>• présenter des exemples. |
| Culture et société | • confronter différents types d'aliments ;<br>• réfléchir au rapport entre l'alimentation et la santé ;<br>• utiliser les expressions idiomatiques en rapport avec l'alimentation à bon escient. |
| Langue | • le vocabulaire péjoratif et mélioratif ;<br>• les locutions adverbiales ;<br>• le vocabulaire de l'alimentation. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Tâche finale | • faire un exposé sur l'importance d'une alimentation saine pour une bonne santé ;<br>• rédiger un article pour convaincre les lecteurs de l'importance de l'alimentation dans la prévention des maladies. |

## Unité 4.8. Santé

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • argumenter ;<br>• hiérarchiser ses idées. |
| Communication | • hiérarchiser des arguments ;<br>• faire des transitions ;<br>• conclure : introduire une conclusion indépendante des arguments antérieurs. |
| Culture et société | • connaître les rituels d'un entretien professionnel ;<br>• s'initier au domaine de la santé : nuances entre les différents types de médecine. |
| Langue | • les procédés d'énumération ;<br>• les articulations logiques : addition, concession, opposition, restriction, conclusion ;<br>• les résumatifs ;<br>• infinitif et subjonctif ;<br>• les expressions de l'argumentation ;<br>• le vocabulaire de la santé. Les expressions usuelles en rapport avec la santé. |
| Tâche finale | • présenter ses motivations pour devenir « praticien de médecine alternative » dans un discours argumentatif structuré ;<br>• rédiger un texte argumentatif structuré autour des bienfaits de la médecine douce en vue de le publier dans un magazine. |

## Unité 4.9. Économie

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • démontrer, analyser, parler de l'avenir. |
| Communication | • analyser un phénomène économique. |
| Culture et société | • Économie et numérique : comment le numérique modifie le paysage économique et la conception sociale du travail ;<br>• expressions idiomatiques autour des mots « argent » et« monnaie ». |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Culture arabe et traduction

| | |
|---|---|
| Langue | • l 'expression de la cause et de la conséquence :<br>◆ la conséquence exprimée par des propositions corrélatives,<br>◆ verbes introduisant la cause ou la conséquence,<br>◆ participe présent/adjectif verbal,<br>◆ les expressions verbales (autour des verbes : payer acheter et vendre.),<br>◆ vocabulaire de l'économie (anglicismes, néologismes.). |
| Tâche finale | • dans le cadre d'un micro-trottoir, expliquer le phénomène de l'ubérisation et son effet sur la société ;<br>• en réponse à un communiqué officiel mettant en garde contre les monnaies virtuelles, rédiger un article où on analyse cette nouvelle réalité en montrant ses causes et ses conséquences au présent et à l'avenir. |

## Unité 4.10. Tourisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • insister sur une idée, l'amplifier en vue de la mettre en valeur. |
| Communication | • mettre en évidence les points principaux d'un sujet ;<br>• insister sur un fait en vue de produire un effet. |
| Culture et société | • s'exprimer sur un sujet d'ordre économique et social de façon pertinente.<br>• maîtriser le répertoire lexical relatif au secteur du tourisme. |
| Langue | • les procédés de mise en relief :<br>◆ l'expression de l'intensité,<br>◆ les adverbes d'intensité,<br>◆ les superlatifs.<br>• les préfixes à valeur intensive ;<br>• l'hyperbole ;<br>• le Lexique du tourisme. |
| Tâche finale | • réaliser un spot publicitaire pour valoriser une région/ S'exprimer sur le tourisme de demain en mettant en relief sa conception ;<br>• Écrire de manière structurée un article d'opinion en vue de mettre en relief des points pertinents. |

## ACTIVITÉS DU TRIMESTRE 3

# Culture arabe et traduction

## الثقافة العربية و الترجمة والغرب

| الحصة | نوعها | النشاط |
|---|---|---|
| 1 | تقديم<br>تعريب | تقديم المادة و المقرر وأساليب الترجمة (30min)<br>Le passeur, Henri Meschonnic |
| 2 | تعجيم<br>تعريب | لماذا نترجم، أدونيس<br>Les coquelicots de l'Oriental, Brick Ousaid |
| 3 | تعبير كتابي<br>( المنهجية والموضوع ) | يختار الأستاذ الموضوع تماشيا مع محاور المقرر. |
| 4 | فرض | فرض محروس |
| 5 | تعريب<br><br><br>تعجيم | Correction du DS : 30 mn avec corrigé distribué aux élèves + L'expérience impériale, Ashis Nandy (45 minutes)<br>الثقافة الوطنية، عبد الله العروي (45 دقيقة) |
| 6 | تعريب<br><br>تعجيم | Roman maghrébin et culture nationale, Abdelkébir Khatibi<br>الغرب وتحديث العالم العربي، محمد بنيس |
| 7 | تعبير كتابي | يختار الأستاذ الموضوع تماشيا مع محاور المقرر |
| 8 | فرض | فرض محروس |
| 9 | تصحيح | تصحيح الفرض المحروس |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

# Français

L'enseignement du français en première année des CPGE comporte deux phases complémentaires. Les deux premiers trimestres sont consacrés au développement des compétences linguistiques (RCL), et le troisième trimestre est réservé à l'initiation à la méthodologie (résumé de texte et dissertation) et à l'analyse de corpus thématiques.

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## ACTIVITÉS DES TRIMESTRES 1 ET 2

# Renforcement des compétences linguistiques

Destiné aux élèves de première année des CPGE, le *renforcement des compétences linguistiques (RCL)* consiste à doter ces derniers des prérequis linguistiques nécessaires pour entamer la préparation aux épreuves de français des concours marocains et étrangers dans les meilleures conditions. Plus spécifiquement, il vise le développement de leurs capacités de réception, de production et d'interaction en langue française, répondant ainsi à leurs besoins communicationnels généraux, ainsi qu'à leurs attentes spécifiques liées à la formation en classes préparatoires et aux exigences des épreuves des concours d'entrée aux Grandes Écoles. On peut résumer les objectifs du RCL comme suit :

- renforcer les compétences communicationnelles acquises durant le cycle secondaire qualifiant sur le double plan linguistique et culturel ;
- doter tous les élèves de première année des prérequis linguistiques nécessaires pour aborder les programmes des CPGE dans les meilleures conditions ;
- fournir aux élèves des repères culturels et civilisationnels qui enrichissent leur culture générale et éclairent les situations de communication contemporaines ;
- amener les élèves à atteindre un niveau plus élevé de compréhension et d'expression, tant à l'écrit qu'à l'oral, et favoriser leur autonomie en matière d'apprentissage des langues ;
- renforcer les capacités d'analyse et de synthèse et développer l'esprit critique.

Pour atteindre ces objectifs, l'approche adoptée dans le cadre du RCL se situe dans une perspective de type actionnel. Le choix de cette approche est justifié par sa compatibilité avec les besoins et les objectifs des élèves des classes préparatoires, amenés à effectuer des tâches langagières liées au contexte de leur formation et aux exigences des concours auxquels ils se préparent.

Afin de dispenser un enseignement adapté au niveau des élèves, un test est organisé au début de la première année. Ce test permet de répartir les élèves en trois groupes de niveau homogène. Chacun de ces groupes suit, pendant les deux premiers trimestres, l'un des trois parcours de

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

renforcement linguistique mis en place : (A2 → B1 ; B1→ B2 et B2 → C1).

Le programme ci-dessous présente l'ensemble des quatre modules étudiés en première année des filières scientifiques et techniques.

# 1 Programme du niveau A2

## Unité 1.1. Langue française

### Séquence 1.1.1. Apprendre le français

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter une langue. |
| Communication | • donner son avis sur une langue. |
| Culture et société | • de l'histoire de la langue française ;<br>• la francophonie ;<br>• les chiffres du français dans le monde. |
| Langue | • c'est +adjectif + (de +infinitif)…<br>• le suffixe -phonie : francophonie…<br>• verbes de parole ;<br>• la prononciation du « s » final. |
| Tâche finale | • présenter l'importance de la langue française ;<br>• justifier son apprentissage du français comme langue étrangère. |

### Séquence 1.1.2. Parler le français

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer ses émotions, ses exploits ou ses difficultés lors de son expérience d'apprentissage de langue. |
| Communication | • informer sur un objectif d'apprentissage ;<br>• exprimer une motivation ;<br>• expliquer son rapport au français. |
| Culture et société | • se motiver et s'engager dans le processus d'apprentissage du français comme langue étrangère. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Langue | • parce que et pour...<br>• les trois groupes de conjugaison ;<br>• vocabulaire relatif à l'apprentissage des langues ;<br>• lexique des émotions et des difficultés. |
| Tâche finale | • faire part de ses sentiments lors de son expérience d'apprentissage d'une langue ;<br>• présenter les raisons pour lesquelles on étudie le français. |

## Unité 1.2. Études et loisirs

### Séquence 1.2.1. Présenter mes études

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • se présenter en indiquant son parcours scolaire. |
| Communication | • présenter des informations sur soi ;<br>• parler de ses études. |
| Culture et société | • connaître et utiliser les salutations d'usage ;<br>• s'initier au rituel de la conversation. |
| Langue | • conjugaison au présent de l'indicatif et/ou au passé composé des verbes usuels indiquant des occupations quotidiennes ;<br>• vocabulaire des études. |
| Tâche finale | • simuler un entretien de personnalité : se présenter, décliner son parcours scolaire et ses objectifs ;<br>• rédiger une lettre de motivation pour une offre de bourse ou pour un stage. |

### Séquence 1.2.2. Parler de mes loisirs

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • définir/ informer sur ses goûts et loisirs. |
| Communication | • se présenter ;<br>• informer ;<br>• définir ses goûts et loisirs. |
| Culture et société | • utiliser le niveau de langue courant ;<br>• s'initier aux modalités d'une étude, d'un sondage. |
| Langue | • emploi de l'infinitif ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • prépositions ;<br>• vocabulaire des activités quotidiennes école, travail, voyage… <br>• « h » muet/aspiré. |
| Tâche finale | • simuler un entretien de personnalité : se présenter à travers ses loisirs et ses passions ;<br>• rédiger un mail à un ami pour partager avec lui son expérience dans le « club loisirs » de son établissement. |

## Unité 1.3. Culture

### Séquence 1.3.1. Littérature

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter un souvenir. |
| Communication | • situer dans le temps ;<br>• situer dans l'espace ;<br>• rapporter un événement. |
| Culture et société | • le registre littéraire ;<br>• les codes du roman épistolaire. |
| Langue | • le passé composé et l'imparfait ;<br>• la localisation temporelle ;<br>• le lexique des livres et de la lecture. |
| Tâche finale | • raconter le souvenir de la première lecture ;<br>• rédiger un article dans lequel on raconte le souvenir de la première réunion du cercle de lecture, en vue de le publier dans la rubrique « culture » du journal du centre. |

### Séquence 1.3.2. Cinéma

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire une scène. |
| Communication | • présenter ;<br>• définir ;<br>• caractériser. |
| Culture et société | • introduction à l'univers du 7e art. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme 2
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Langue | • les verbes pronominaux ;<br>• les pronoms personnels objets ;<br>• le lexique du cinéma. |
| Tâche finale | • décrire le plateau de tournage ;<br>• rédiger un texte dans lequel on décrit la scène préférée d'un film en vue de le publier dans un blog dédié au 7e art. |

## Unité 1.4. Travail

### Séquence 1.4.1. Univers emploi !

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer des sentiments positifs ou négatifs. |
| Communication | • exprimer des émotions ;<br>• parler d'un emploi ou d'un stage ;<br>• parler d'un état émotionnel. |
| Culture et société | • connaître le marché du travail ;<br>• découvrir le lexique de l'emploi ;<br>• connaître le lexique des émotions : tristesse et mélancolie. |
| Langue | • la négation : ne… pas, ne….plus, ne… jamais ;<br>• vocabulaire de l'entreprise. |
| Tâche finale | • simuler un entretien avec un employeur ou un responsable des ressources humaines dans lequel on exprime des sentiments positifs pour décrocher un stage d'été.<br>• rédiger une lettre de candidature dans laquelle on exprime sa motivation pour décrocher un stage d'été. |

### Séquence 1.4.2. Métiers du futur

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • parler des métiers de l'avenir. |
| Communication | • informer sur les métiers de l'avenir ;<br>• parler de son métier futur ;<br>• présenter les métiers du futur. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Culture et société | • découvrir les métiers menacés et les plus convoités à l'avenir. |
| Langue | • futur simple ;<br>• conditionnel présent ;<br>• vocabulaire des métiers du futur. |
| Tâche finale | • simuler une interview avec un journaliste au sujet des métiers de l'avenir ;<br>• réaliser un flyer représentant les métiers de l'avenir. |

## Unité 1.5. Science

### Séquence 1.5.1. Progrès scientifique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les avantages de la science. |
| Communication | • présenter ;<br>• approuver ;<br>• exposer. |
| Culture et société | • la gestuelle et l'organisation de l'espace ;<br>• respecter le rituel de politesse. |
| Langue | • les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ;<br>• les adverbes d'intensité : bien, très, trop…<br>• vocabulaire de la recherche scientifique. |
| Tâche finale | • dans le cadre du projet de l'établissement : Réaliser des workshop (prévoir des affiches, photos avec légendes, vidéos …) sur les bienfaits des inventions scientifiques ;<br>• réaliser une affiche sur les avantages de la science. |

### Séquence 1.5.2. Dangers de la science

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les inconvénients du progrès scientifique. |
| Communication | • déprécier ;<br>• illustrer par des exemples ;<br>• exprimer son point de vue : accepter/ rejeter. |
| Culture et société | • dire pourquoi une chose plaît ou déplaît ;<br>• exprimer ses opinions ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • donner brièvement des justifications ;<br>• s'initier à la pensée polémique. |
| Langue | • les pronoms relatifs simples Qui / Que ;<br>• les articulateurs logiques : Mais / parce que ;<br>• vocabulaire des sciences. |
| Tâche finale | • dans le cadre de la célébration de la journée mondiale de la science ;<br>• réaliser un flyer pour montrer les inconvénients du progrès scientifique. |

## 2 Programme du niveau B1S

### Unité 2.1. Société

#### Séquence 2.1.1. Vivre ensemble

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène social. |
| Communication | • décrire un phénomène social ;<br>• décrire un lieu ;<br>• situer dans l'espace. |
| Culture et société | • sensibiliser à l'importance du vivre-ensemble ;<br>• valeurs et discours de tolérance. |
| Langue | • l'imparfait de description et d'habitude ;<br>• la voix passive ;<br>• les prépositions et les adverbes de lieu ;<br>• vocabulaire du vivre-ensemble, la tolérance ;<br>• le son [ʒ] et les verbes en [g]. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : décrire oralement un phénomène social, décrire un lieu et situer dans l'espace ;<br>• rédiger un article à publier dans le journal scolaire.<br>afin de décrire les comportements et les attitudes promouvant le vivre-ensemble. |

#### Séquence 2.1.2. Être citoyen

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire une personne. |
| Communication | • décrire une personne ;<br>• caractériser ;<br>• demander des informations. |
| Culture et société | • valeurs universelles de la citoyenneté. |
| Langue | • les pronoms relatifs simples ;<br>• les démonstratifs ;<br>• l'adverbe de manière en « ment » ;<br>• vocabulaire de la citoyenneté ;<br>• les sons[ ] et [ ]. |
| Tâche finale | • simulation de micro-trottoir pour caractériser, décrire une personne et demander des informations ;<br>• rédaction d'un article pour dresser le portrait du citoyen modèle. |

## Unité 2.2. Médias

### Séquence 2.2.1. Information

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un sentiment. |
| Communication | • exprimer un sentiment négatif ;<br>• se plaindre ;<br>• exprimer sa tristesse, son indignation, son ennui. |
| Culture et société | • découvrir l'univers des médias ;<br>• sensibiliser au phénomène du tapage médiatique. |
| Langue | • l'accord du participe passé ;<br>• les pronoms et déterminants indéfinis ;<br>• la négation sans +infinitif ;<br>• lexique des médias ;<br>• les sons [œ], [Ø] et [u]. |
| Tâche finale | • exprimer son point de vue sur les programmes de télévision ;<br>• rédiger un article destiné au journal du centre pour exprimer son point de vue et ses sentiments sur les programmes de télévision. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## Séquence 2.2.2. Réseaux sociaux

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un sentiment positif ou négatif ; |
| Communication | • exprimer un sentiment positif, exprimer sa joie, sa gratitude, son intérêt. |
| Culture et société | • comprendre l'univers des nouveaux médias ;<br>• relativiser son opinion. |
| Langue | • déterminants : pronoms et adjectifs possessifs ;<br>• verbes de sentiments + subjonctif ;<br>• exprimer le souhait :Conditionnel présent+ subjonctif : j'aimerais + subjonctif ;<br>• lexique des sentiments ;<br>• les sons [i] et [y]. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : Dire son sentiment négatif ou positif par rapport aux réseaux sociaux ;<br>• rédiger un article dans lequel on raconte son histoire avec les réseaux sociaux en vue de le publier dans un blog. |

# Unité 2.3. Littérature

## Séquence 2.3.1. Récit

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter un événement passé, un souvenir. |
| Communication | • parler du passé ;<br>• situer des événements dans le temps. |
| Culture et société | • réfléchir à la place de la littérature dans la vie des hommes : livres, lecture, création, fiction, imagination, évasion. . . . |
| Langue | • les temps du passé : passé composé ou imparfait ;<br>• le plus-que-parfait ;<br>• localisation temporelle : prépositions et adverbes de temps ;<br>• les genres littéraires ;<br>• h muet/ h aspiré. |
| Tâche finale | • concours d'improvisation : «Meilleur récit d'une journée extraordinaire » ;<br>• produire une brève autobiographie. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## Séquence 2.3.2. Essai littéraire

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter pour justifier son point de vue. |
| Communication | • exemplifier pour étayer un propos ;<br>• raconter une anecdote pour illustrer son point de vue Culture et société ;<br>• sensibiliser à l'emprise des clichés et des stéréotypes sur les esprits dans toutes les cultures. |
| Langue | • le discours rapporté ;<br>• la concordance des temps ;<br>• les doubles pronoms ;<br>• lexique de la littérature engagée, de l'engagement intellectuel ;<br>• le phénomène de la liaison. |
| Tâche finale | • jeu de rôle : Transposer au style indirect un discours direct ;<br>• rédiger un texte argumentatif où on met en cause un stéréotype social de son choix. |

# Unité 2.4. Philosophie

## Séquence 2.4.1. Philosopher

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un jugement, une opinion. |
| Communication | • dire du bien de quelque chose, faire l'éloge, exprimer sa certitude. |
| Culture et société | • Écouter et respecter la parole de l'autre ;<br>• tolérer la différence. |
| Langue | • le gérondif ;<br>• la négation avec la conjonction de coordination «ni» ;<br>• lexique de la philosophie et de la méditation ;<br>• les sons : [ã], [ ]. |
| Tâche finale | • table ronde : donner son opinion sur l'importance de l'enseignement de la philosophie au collège ;<br>• rédiger un texte où l'on montre l'utilité de l'apprentissage de la philosophie dans la vie des étudiants en CPGE. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## Séquence 2.4.2. Bien et Mal

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un jugement, une opinion. |
| Communication | • exprimer un jugement, une opinion, Approuver, désapprouver. |
| Culture et société | • les sujets de polémique : l'art de polémiquer sans heurter son interlocuteur. |
| Langue | • la mise en relief avec "c'est" ;<br>• l'expression de l'hypothèse avec "Si" ;<br>• vocabulaire relatif à la morale et à l'éthique ;<br>• distinguer entre les sons :[œ], [Ø] et [ə]. |
| Tâche finale | • exprimer son opinion sur les notions du Bien et du Mal ;<br>• rédiger un discours où on donne son jugement à propos des notions du Bien et du Mal. |

# Unité 2.5. Avenir

## Séquence 2.5.1. Quelle planète pour demain ?

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • présenter les avantages de la science. |
| Communication | • présenter ;<br>• approuver ;<br>• exposer. |
| Culture et société | • la gestuelle et l'organisation de l'espace ;<br>• respecter le rituel de politesse. |
| Langue | • les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ;<br>• les adverbes d'intensité : bien, très, trop…<br>• vocabulaire de la recherche scientifique. |
| Tâche finale | • dans le cadre du projet de l'établissement : Réaliser des workshop (prévoir des affiches, photos avec légendes, vidéos …) sur les bienfaits des inventions scientifiques ;<br>• réaliser une affiche sur les avantages de la science. |

## Séquence 2.5.2. Homme-machine

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • parler de l'avenir : argumenter. |
| Communication | • introduire ;<br>• développer ;<br>• hiérarchiser ;<br>• démontrer ;<br>• conclure. |
| Culture et société | • découvrir les nouveautés dans le domaine de l'innovation scientifique. |
| Langue | • les liens chronologiques du discours : d'abord, ensuite, enfin ;<br>• futur simple ;<br>• vocabulaire scientifique ;<br>• le « S » de plus. |
| Tâche finale | • exprimer son point de vue sur la thématique de l'écologie ;<br>• rapporter les différents points de vue exprimés lors de la table ronde. |

## 3 Programme du niveau B2S

### Unité 3.1. Langues

#### Séquence 3.1.1. Plurilinguisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • découvrir un fait de société : le plurilinguisme. |
| Communication | • caractériser ;<br>• décrire un fait de société. |
| Culture et société | • le rituel de la réunion formelle ;<br>• l'art de l'exposition ;<br>• nuances sémantiques ;<br>• continuité de la parole ;<br>• langue recherchée. |
| Langue | • noms accompagnés de la préposition 'de'/'à' + infinitif ;<br>• les pronoms relatifs composés ;<br>• les pronoms compléments « y » et « en » ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • le lexique du plurilinguisme. |
| Tâche finale | • présenter et décrire les caractéristiques du paysage linguistique marocain à des étudiants étrangers ;<br>• rédiger un texte descriptif à publier dans un magazine de société autour de la thématique suivante : « La diversité linguistique au Maroc ». |

### Séquence 3.1.2. Traduction

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène culturel : La traduction. |
| Communication | • caractériser ;<br>• décrire un phénomène culturel ;<br>• débattre. |
| Culture et société | • le rituel de la réunion formelle ;<br>• l'art de l'exposition ;<br>• la polysémie ;<br>• des expressions toutes faites. |
| | • continuité de la parole ;<br>• langue recherchée. |
| Langue | • l'antériorité, la simultanéité, la postérité : concordance des temps et articulateurs chronologiques ;<br>• la modalisation devoir/pouvoir + infinitif ;<br>• le lexique de la traduction. |
| Tâche finale | • participer à un débat autour du rôle de la traduction dans le rapprochement des peuples et dans la promotion de la culture de paix ;<br>• rédiger un article à publier dans la revue électronique du centre autour du rôle de la traduction dans la promotion de la diversité linguistique. |

## Unité 3.2. Art

### Séquence 3.2.1. Peinture

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer des sentiments positifs « en contexte artistique ». |
| Communication | • exprimer sa joie ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • exprimer son admiration. |
| Culture et société | • la tenue d'une discussion formelle ou informelle : l'implicite culturel (tours de parole, volume de la voix, intonation...) ;<br>• le domaine culturel : cinéma, littérature, arts plastiques...<br>• langue de spécialité. |
| Langue | • adjectifs de couleur ;<br>• le passé simple, temps du récit écrit ;<br>• lexique de la peinture ;<br>• l'expression des sentiments quant /quand/qu'en. |
| Tâche finale | • exprimer des sentiments positifs (joie, soulagement, admiration, bonheur, espoir...) après avoir contemplé une toile de peinture ;<br>• rédiger un article destiné à être publié dans le webjournal scolaire afin d'exprimer des sentiments positifs que vous avez éprouvés lors du vernissage de la dernière exposition. |

**Séquence 3.2.2.** Théâtre

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • reconnaître des sentiments négatifs « dans une pièce de théâtre ». |
| Communication | • exprimer une hostilité ;<br>• exprimer son désespoir. |
| Culture et société | • la tenue d'une discussion formelle ou informelle : l'implicite culturel (tours de parole, volume de la voix, intonation...) ;<br>• le ton du discours (comique, tragique, lyrique...) ;<br>• langue de spécialité. |
| Langue | • adjectifs accompagnés de prépositions ;<br>• la restriction : ne ... que ;<br>• expression des sentiments négatifs ;<br>• vocabulaire du théâtre. |
| Tâche finale | • jeu de rôles : procéder à la mise en voix d'une scène extraite d'une pièce de théâtre ;<br>• pastiche : imaginer un dialogue théâtral dans lequel un ou deux personnage(s) exprime(nt) un sentiment négatif (hostilité, embarras, désespoir...). |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

# Unité 3.3. Science

## Séquence 3.3.1. Science et vérité

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer un avis sur les avancées scientifiques. |
| Communication | • exprimer une opinion : éloge/avantages ;<br>• apprécier ;<br>• approuver. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité.<br>• l'octroi d'une place à la langue dite recherchée ;<br>• l'initiative de la parole, la prise de parole au moment voulu et de la bonne manière, la continuité d'une conversation, la clôture de la conversation lorsqu'il le faut ; |
| Langue | • verbes accompagnés de prépositions ;<br>• verbes + subjonctif ou indicatif ;<br>• les formes impersonnelles : degré de certitude Lexique de la science. |
| Tâche finale | • exprimer son avis en énumérant les avantages des vaccins en général et de ceux contre la Covid 19 en particulier ;<br>• dans un article destiné à être publié dans le journal de son établissement, rédiger un article dans lequel on loue le rôle des découvertes scientifiques dans l'amélioration de la vie des êtres humains. |

## Séquence 3.3.2. Bioéthique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • dénoncer les abus du progrès scientifique. |
| Communication | • exprimer une opinion : Critique/ Inconvénients ;<br>• critiquer ;<br>• désapprouver. |
| Culture et société | • analyser un fait de société : politique, éducation, culture, religion...<br>• identification et pratique de l'implicite interculturel (voix, expression faciale, tours de parole…). |
| Langue | • l'expression de l'hypothèse. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • l'expression de la concession : bien que + subjonctif.<br>Lexique de la bioéthique . |
| Tâche finale | • exprimer son avis concernant le clonage ;<br>• rédiger un article argumenté et illustré sur le don d'organes en vue de le publier dans un magazine scientifique. |

## Unité 3.4. Démocratie

### Séquence 3.4.1. Suffrage

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • reconnaître une pratique politique. |
| Communication | • rapporter ;<br>• résumer. |
| Culture et société | • maîtriser le registre formel ;<br>• observer une action politique ;<br>• communication verbale et non verbale (gestuelle appropriée). |
| Langue | • connecteurs organisationnels :<br>D'abord, ensuite, puis, enfin./ D'une part, d'autre part/ Par ailleurs/ D'ailleurs ;<br>• discours direct/Discours indirect ;<br>• lexique du « suffrage ». |
| Tâche finale | • animer un débat autour du sujet « Jeunesse et abstentionnisme » (s'exprimer oralement et de manière continue) ;<br>• rédiger un article de journal dans lequel on vante les avantages et les utilités de l'implication politique et sociale dans la vie publique. |

### Séquence 3.4.2. Société civile

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • défendre une valeur sociale. |
| Communication | • synthétiser des informations et des arguments ;<br>• argumenter ;<br>• défendre. |
| Culture et société | • registre de valeurs sociales ;<br>• vivre en communauté ;<br>• communiquer ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • sensibiliser. |
| Langue | • enrichissement des articulateurs logiques :<br>◆ l'expression de l'opposition / la concession,<br>◆ le participe présent/Adjectif verbal,<br>◆ l'expression explicite et implicite de la conséquence,<br>◆ lexique des valeurs civiques. |
| Tâche finale | • micro-trottoir sur la thématique de l'argent donné aux mendiants ;<br>• rédiger un article de journal sur la solidarité sociale. |

## Unité 3.5. Éducation

### Séquence 3.5.1. Famille

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • commenter et justifier les résultats d'une étude. |
| Communication | • argumenter ;<br>• justifier un point de vue ;<br>• commenter. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité ;<br>• intervenir de manière adéquate dans une conversation ;<br>• utiliser des expressions figées usuelles dans un échange.<br>• comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques. |
| Langue | • l'infinitif passé ;<br>• les expressions idiomatiques relatives à la famille ;<br>• la modalisation : les auxiliaires de modalité : pouvoir, devoir, falloir, sembler ;<br>• lexique de la famille. |
| Tâche finale | • réagir de façon argumentée à la chanson du groupe de rap « Section d'assaut » intitulée « Avant qu'elle parte ! » ;<br>• rédiger un article argumentatif sur la résilience de la famille marocaine en temps de crise. |

### Séquence 3.5.2. École

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • réagir à un phénomène de société. |
| Communication | • argumenter ;<br>• justifier un point de vue ;<br>• expliquer. |
| Culture et société | • l'utilisation de la langue de spécialité ;<br>• comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques ;<br>• participer à un débat pour contester l'opinion dominante. |
| Langue | • enrichissement des articulateurs logiques : l'expression de la cause : cause écartée/cause retenue (ce n'est pas que/non que+ subjonctif, mais parce que + indicatif ; pour la simple raison que) ;<br>• les expressions idiomatiques relatives à l'école ;<br>• le lexique de l'école. |
| Tâche finale | • participer à la consultation nationale sur l'amélioration de l'école publique en formulant des propositions pour les exposer devant la classe ;<br>• rédiger un article de journal sur la capacité de l'école à s'adapter aux mutations de son environnement socio-économique. |

## 4 Programme du niveau C1

### Unité 4.1. Ville

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • caractériser, décrire un lieu (la ville). |
| Communication | • décrire la ville, l'espace urbain ;<br>• caractériser pour produire un effet ;<br>• caractériser pour idéaliser, pour diaboliser. |
| Culture et société | • découvrir les mutations qu'a connues l'espace urbain ;<br>• caractériser la ville du futur, la ville intelligente. |
| Langue | • les prépositions de localisation ;<br>• l'anaphore (figure de style) ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme 2
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • l'apposition ;<br>• le vocabulaire de la mobilité urbaine intelligente ;<br>• le vocabulaire de l'urbanisme. |
| Tâche finale | • présenter un diaporama descriptif d'une ville ;<br>• dans le cadre d'un concours de la mairie « notre ville en 2050» ;<br>• décrire la ville de demain. |

## Unité 4.2. Féminisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • décrire un phénomène social. |
| Communication | • décrire le féminisme, ses courants, et ses mutations ;<br>• décrire pour informer ;<br>• décrire pour sensibiliser. |
| Culture et société | • interroger l'évolution du mouvement féministe et ses éventuelles dérives ;<br>• amener les élèves à réfléchir sur la problématique relation homme/femme au sein de la société ;<br>• s'interroger sur la condition féminine dans notre région : le Maghreb. |
| Langue | • la préposition dans le complément du nom ;<br>• la préposition + le pronom relatif lequel ;<br>• les figures de style : métaphore et périphrase ;<br>• vocabulaire des différents courants féministes. |
| Tâche finale | • créer un podcast décrivant les mutations de la condition féminine au Maroc pour participer à une compétition organisée par une radio à l'occasion de la Journée Nationale de la Femme (le 8 octobre de chaque année) ;<br>• rédiger un manifeste pour le compte d'un mouvement défendant une intégration équitable de la femme maghrébine dans la société civile et la sphère politique. |

## Unité 4.3. Littérature et cinéma

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • raconter : parler du passé. |
| Communication | • produire un récit en s'inspirant d'une œuvre littéraire ou d'un film. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Culture et société | • l'implicite ;<br>• les procédés d'adaptation cinématographique. |
| Langue | • le passé simple ;<br>• le passé antérieur ;<br>• l'antériorité ;<br>• vocabulaire du cinéma et de la littérature ;<br>• expressions idiomatiques. |
| Tâche finale | • raconter oralement une scène d'un film adapté d'un roman ;<br>• rédiger un récit pour participer à un concours d'écriture pour jeunes auteur.e.s. |

## Unité 4.4. Médias

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exprimer sa position, son point de vue en organisant ses idées. |
| Communication | • exprimer une opinion ;<br>• prendre position ;<br>• introduire une idée. |
| Culture et société | • se prémunir contre les fausses informations ;<br>• développer un esprit critique ;<br>• utiliser des expressions idiomatisées en rapport avec le thème. |
| Langue | • les verbes d'opinion avec la négation et l'interrogation ;<br>• expressions pour introduire une idée ;<br>• vocabulaire des médias ;<br>• expressions idiomatiques. |
| Tâche finale | • s'exprimer pour condamner les fausses informations ;<br>• rédiger un fascicule pour démêler l'info de l'intox. |

## Unité 4.5. Numérique

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • exposer, développer un sujet. |
| Communication | • débattre à propos d'un sujet polémique ;<br>• exprimer son opinion et la développer. |
| Culture et société | • découvrir un discours valorisant ou diabolisant un phénomène ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • rituel de la prise de parole dans un débat ;<br>• approuver/ désapprouver ;<br>• utiliser les expressions idiomatiques. |
| Langue | • les mots-valises ;<br>• les latinismes ;<br>• l'expression de l'intensité :<br>◆ les préfixes et les suffixes d'intensité,<br>◆ les expressions idiomatiques exprimant une intensité,<br>◆ vocabulaire du numérique. |
| Tâche finale | • participer à un débat d'idées : la réalité virtuelle, refuge ou piège ?<br>• publier un article dans lequel on dénonce les dérives de l'univers virtuel et on fait appel à sa moralisation. |

## Unité 4.6. Consommation

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • rapporter des propos. |
| Communication | • rapporter ;<br>• reformuler ;<br>• expliquer ;<br>• clarifier. |
| Culture et société | • adapter le registre de langue à la situation de communication ;<br>• la langue de spécialité. |
| Langue | • les registres de langue ;<br>• le discours direct et indirect ;<br>• les expressions de reformulation (de clarification) ;<br>• la consommation/ la surconsommation/ la consommation responsable. |
| Tâche finale | • sous forme de jeu de rôles, expliquer son avis sur le lien entre bonheur, consommation, et partage ;<br>• rédiger le compte rendu d'un sondage effectué en lignes par le magazine 60 millions de consommateurs sur nos modes et habitudes de consommation en vue de le publier dans un journal local. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## Unité 4.7. Alimentation

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • justifier un point de vue par des arguments et des exemples pertinents. |
| Communication | • exprimer son point de vue ;<br>• donner des arguments ;<br>• présenter des exemples. |
| Culture et société | • confronter différents types d'aliments ;<br>• réfléchir au rapport entre l'alimentation et la santé ;<br>• utiliser les expressions idiomatiques en rapport avec l'alimentation à bon escient. |
| Langue | • le vocabulaire péjoratif et mélioratif ;<br>• les locutions adverbiales ;<br>• le vocabulaire de l'alimentation. |
| Tâche finale | • faire un exposé sur l'importance d'une alimentation saine pour une bonne santé ;<br>• rédiger un article pour convaincre les lecteurs de l'importance de l'alimentation dans la prévention des maladies. |

## Unité 4.8. Santé

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • argumenter ;<br>• hiérarchiser ses idées. |
| Communication | • hiérarchiser des arguments ;<br>• faire des transitions ;<br>• conclure : introduire une conclusion indépendante des arguments antérieurs. |
| Culture et société | • connaître les rituels d'un entretien professionnel ;<br>• s'initier au domaine de la santé : nuances entre les différents types de médecine. |
| Langue | • les procédés d'énumération ;<br>• les articulations logiques : Addition, concession, opposition, restriction, conclusion ;<br>• les résumatifs ;<br>• infinitif et subjonctif ;<br>• les expressions de l'argumentation ; |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| | • le vocabulaire de la santé. Les expressions usuelles en rapport avec la santé. |
| Tâche finale | • présenter ses motivations pour devenir « praticien de médecine alternative » dans un discours argumentatif structuré ;<br>• rédiger un texte argumentatif structuré autour des bienfaits de la médecine douce en vue de le publier dans un magazine. |

## Unité 4.9. Économie

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • démontrer, analyser, parler de l'avenir. |
| Communication | • analyser un phénomène économique. |
| Culture et société | • Économie et numérique : comment le numérique modifie le paysage économique et la conception sociale du travail ;<br>• expressions idiomatiques autour des mots « argent » et« monnaie ». |
| Langue | • l 'expression de la cause et de la conséquence :<br>◆ la conséquence exprimée par des propositions corrélatives,<br>◆ verbes introduisant la cause ou la conséquence,<br>◆ participe présent/adjectif verbal,<br>◆ les expressions verbales (autour des verbes : payer acheter et vendre.),<br>◆ vocabulaire de l'économie (anglicismes, néologismes.). |
| Tâche finale | • dans le cadre d'un micro-trottoir, expliquer le phénomène de l'ubérisation et son effet sur la société ;<br>• en réponse à un communiqué officiel mettant en garde contre les monnaies virtuelles, rédiger un article où on analyse cette nouvelle réalité en montrant ses causes et ses conséquences au présent et à l'avenir. |

## Unité 4.10. Tourisme

| | |
|---|---|
| Tâche initiale | • insister sur une idée, l'amplifier en vue de la mettre en valeur. |
| Communication | • mettre en évidence les points principaux d'un sujet ;<br>• insister sur un fait en vue de produire un effet. |
| Culture et société | • s'exprimer sur un sujet d'ordre économique et social de façon pertinente.<br>• maîtriser le répertoire lexical relatif au secteur du tourisme. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

| | |
|---|---|
| Langue | • les procédés de mise en relief :<br>◆ l'expression de l'intensité,<br>◆ les adverbes d'intensité,<br>◆ les superlatifs.<br>• les préfixes à valeur intensive ;<br>• l'hyperbole ;<br>• le Lexique du tourisme. |
| Tâche finale | • réaliser un spot publicitaire pour valoriser une région/ S'exprimer sur le tourisme de demain en mettant en relief sa conception ;<br>• Écrire de manière structurée un article d'opinion en vue de mettre en relief des points pertinents. |

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

ACTIVITÉS DU TRIMESTRE 3

# Étude des oeuvres et méthodologie

## Première composante : thème et oeuvres du programme[3]

- Se documenter sur un thème, un auteur ou une oeuvre.
- Élaborer des fiches de lecture sur une oeuvre en suivant une consigne précise.
- Prendre des notes pour consigner des idées exploitables ultérieurement.
- Formuler et vérifier des hypothèses de lecture sur le sens d'un texte.
- Étudier un texte en s'appuyant sur le vocabulaire thématique et les organisateurs textuels.
- Identifier la structure d'un texte littéraire ou philosophique.
- Dégager, dans un texte, les axes de réflexion relatifs à un thème.
- Interpréter un texte littéraire et/ou philosophique, en vue d'en déduire des idées en rapport avec un thème.
- Exposer oralement ou par écrit le bilan d'une étude de texte.
- Discuter, nuancer, réfuter (oralement ou par écrit) une idée relevée dans un texte.
- Mettre en rapport des textes en fonction d'un axe de réflexion.
- Faire une fiche comportant le vocabulaire thématique étudié et quelques citations pertinentes à retenir.

## Deuxième composante : initiation à la dissertation

- Comprendre un sujet de dissertation (en analyser les termes, les présupposés et les limites) et le reformuler.
- Apprendre à construire une problématique et à la formuler avec précision.
- Sélectionner les éléments de réponse à une problématique.

3. Le programme de français-philosophie de la première année est renouvelé chaque année : il est constitué d'un thème et de deux oeuvres, l'une philosophique et l'autre littéraire

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

- Regrouper et hiérarchiser des idées en vue d'élaborer un raisonnement structuré et progressif.
- Élaborer le plan détaillé d'une dissertation.
- Mobiliser la connaissance des textes au programme pour alimenter une argumentation.
- Rédiger un paragraphe argumentatif structuré.
- Étayer un argument à l'aide d'une citation extraite d'une oeuvre.
- Articuler des paragraphes argumentatifs dans un raisonnement.
- Articuler les parties d'un développement à l'aide des transitions.
- Rédiger une partie de la dissertation.
- Rédiger une introduction en un paragraphe.
- Rédiger une conclusion en un paragraphe.
- Rédiger une dissertation intégrale en temps limité.
- Soigner la présentation d'une dissertation (lisibilité, disposition, proportionnalité, etc.)
- (Toute autre compétence jugée utile par le professeur).

## Troisième composante : initiation au résumé de texte

### 1 Phase de préparation

- Repérer, dans un texte, les indices significatifs (disposition en paragraphes, début et fin des paragraphes, source du texte, date de publication, etc.) et formuler des hypothèses de lecture.
- Identifier le thème, le type, la (les) thèse(s), et la visée d'un texte argumentatif.
- Reconnaître une unité de sens (une idée ou un argument + explication + exemple) et la distinguer d'un paragraphe argumentatif.
- Décomposer un texte en unités de sens en s'appuyant sur les connecteurs logiques.
- Reconnaître le circuit argumentatif développé dans un texte (Idées et arguments en présence et leur mode d'articulation).
- Reconnaître la fonction d'un exemple, d'un récit, d'une description ou d'une citation, dans un texte à résumer.
- Distinguer, en fonction de l'argumentation, les idées essentielles des idées secondaires.
- Relever l'essentiel de chaque unité de sens et le présenter sous forme de plan avec des titres et des sous-titres.

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

## 2 Phase de rédaction

- Reformuler la thèse d'un texte.
- Reproduire, en le reformulant, le circuit argumentatif du texte à résumer.
- Respecter l'équilibre d'ensemble des différentes parties qui composent un texte et les étapes du raisonnement qui le sous-tendent.
- Indiquer le rapport logique entre les unités de sens en utilisant des connecteurs appropriés.
- Reformuler un exemple, un récit, une description ou une citation à valeur argumentative.
- Utiliser les procédés de reformulation synthétique (nominalisation, affixation, généralisation, etc.)
- Respecter la tonalité et l'énonciation du texte de départ.
- Adopter une expression claire et concise.
- Apprendre à compter les mots d'un résumé de texte.
- Respecter le nombre de mots prescrit par la consigne.
- Rédiger un résumé de texte en temps limité.
- Toute autre compétence jugée utile par le professeur

## Quatrième composante : communication orale

- S'exprimer de manière simple afin de raconter des expériences et des événements ;
- Raconter une histoire ou l'intrigue d'un livre ou d'un film et exprimer ses réactions ;
- Donner brièvement les raisons et explications de ses opinions ou projets ;
- Développer une argumentation suffisamment bien pour être compris sans difficulté
- Donner brièvement des raisons et des explications relatives à des opinions, projets et actions.
- Faire un exposé clair, simple et direct en expliquant avec précision les points importants, et pouvoir gérer les questions qui suivent.
- Communiquer avec une certaine assurance sur des sujets en relation avec ses études ou ses projets.
- Échanger, vérifier et confirmer des informations, faire face à des situations moins courantes et expliquer pourquoi il y a une difficulté.
- Exprimer sa pensée sur un sujet abstrait ou culturel comme un film ou un livre.

Renforcement des compétences linguistiques
Programme du niveau A2
Programme du niveau B1S
Programme du niveau B2S
Programme du niveau C1
Étude des oeuvres et méthodologie
thème et oeuvres du programme[2]
initiation à la dissertation
initiation au résumé de texte
communication orale
Planning des activités du troisième trimestre

- Donner son opinion sur une nouvelle, un article, un exposé, une discussion, un entretien, un documentaire et répondre à des questions de détail complémentaires.

## 5 Planning des activités du troisième trimestre

| | Première séance | | Deuxième séance |
|---|---|---|---|
| **Sem.** | **Heure 1** | **Heure 2** | **Heures 1 & 2** |
| **1** | Présentation du thème | Présentation des oeuvres Groupement 1 | RÉSUMÉ : initiation Préparation et rédaction (Support : 1 texte de 400 -500 mots) |
| | Entrée 2 Groupement 2 | RÉSUMÉ : entraînement dirigé (Support : Texte de 500 mots) | DISSERTATION : démarche illustrée Support : sujet 1 (groupements 1 et 2 + citations choisies) |
| **3** | Entrée 3 Groupement 3 | RÉSUMÉ : préparation du DS (Support : Texte de 500 mots) | Évaluation (DS1) : RÉSUMÉ DE TEXTE Support : texte de 500 mots |
| **4** | Entrée 4 Groupement 4 | RÉSUMÉ : entraînement dirigé (Support : Texte de 700 mots) | DISSERTATION : entraînement dirigé Support : sujet 2 (groupements 1,2,3 et 4 + citations choisies) |
| **5** | Entrée 5 Groupement 5 | RÉSUMÉ : Compte rendu du DS1 | DISSERTATION : travail en autonomie Support : sujet 3 |
| **6** | Entrée 6 Groupement 6 | Dissertation : préparation du DS Support : sujet 4 | Évaluation (DS2) : Dissertation complète Support : sujet 5 |
| **7** | Entrée 7 Groupement 7 | RÉSUMÉ : vers l'autonomie (Support : texte de 700 mots) | DISSERTATION Compte rendu du DS 2 |
| **8** | Entrée 8 | RÉSUMÉ : autonomie | DISSERTATION : autonomie Sujet 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Groupement 8 | (Support : texte de 700 mots) | |
| 9 | Entrée 9<br>Groupement 9 | RÉSUMÉ : autonomie<br>(Support : texte de 700 mots) | DISSERTATION : autonomie Sujet 7 |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

# Anglais

## 1 Introduction

The present curriculum document for the English course is addressed to CPGE first year students, all streams. It involves a clear structure that outlines the course objectives, content, assessment methods, and resources. Its main sections and subsections constitute a comprehensive guide for students to plan their learning journey during their first year of CPGE.

The primary goals of the course are delineated alongside the prerequisites required for the successful achievement of the desired outcomes. The course aims to equip students with the necessary knowledge and skills they need to excel in both academic and real-life settings. The course is organized in ways that highlight various components that address thematic, cognitive and linguistic aspects, ensuring a holistic development of the students.

The course consists of several key areas. First, the thematic content for the first year provides a broad overview of the topics to be covered. The course's linguistic and cognitive contents are further broken down into specific skills and areas such as cognitive and socio-emotional skills, receptive skills and vocabulary, writing and translation, oral proficiency and public speaking, and cross-cultural communication with an emphasis on fostering an international mindset.

The detailed breakdown of the course content for trimesters one and two includes thematic content, cognitive and linguistic content in line with the CEFER framework, and organized further in the scope and sequence for the A2, B1, and B2 levels. The content for trimester three is similarly organized, with a focus on thematic contents, cognitive contents and skills, and linguistic contents and skills that are specific to CPGE.

Assessment and evaluation form a crucial part of the course structure. Various types of tests are introduced to measure students' progress. The course incorporates different forms of assessment,

Introduction

Linguistic and Cognitive contents

Course content for Trimesters ONE and TWO

A2 Scope and sequence

B1 Scope and Sequence

B2 Scope and Sequence

Course content for Trimester THREE: contents and skills

Thematic contents

Cognitive contents and skills

Linguistic Contents and skills

Assessment and Evaluation

including assessment for learning, assessment as learning, and assessment of learning, ensuring a comprehensive evaluation approach. Summative assessments are explicited in detail, and a table of specification for CNC (Concours National Commun) and CNAEM (Concours National d'Accès aux Écoles de Management) is provided to align with national examination standards. This detailed and structured approach aims to prepare students effectively for both national and international examinations, paving the way for their future academic and professional success.

## 1.1 Broad Goals of the Course

Teaching English as a foreign language in CPGE in Morocco is geared towards the development of the necessary knowledge and skills the students need to integrate Higher Institutions and to successfully take the Common National Examination, (CNC) for students of engineering and the National Examination to join Management institutions (CNAEM) for ECS/ECT students.

It is of equal importance for learners to develop a number of non-academic cognitive skills such as critical thinking, creative thinking, social emotional and study skills. This collection of skills, together with other ICT literacy skills, would further increase their opportunities of success as a would-be engineers/managers in a world characterized by rapid dynamic change.

## 1.2 Course Prerequisites

With very few exceptions, all students who join the CPGE classes must have studied English, at least, for three full years. The learners are expected to have attained a fairly satisfactory and adequate level in the English language proficiency. They are also supposed to have a moderate command of the basic language and study skills that enable them to communicate effectively and appropriately in a wide range of personal and social situations. The learners are equally expected to have developed an awareness of the fundamentals of the Moroccan cultural identity and gained an insight into major cross-cultural differences.

Introduction

Linguistic and Cognitive contents

Course content for Trimesters ONE and TWO

A2 Scope and sequence

B1 Scope and Sequence

B2 Scope and Sequence

Course content for Trimester THREE: contents and skills

Thematic contents

Cognitive contents and skills

Linguistic Contents and skills

Assessment and Evaluation

## 1.3 Course Components

During the first part of their training, students are expected to cover contents and skills that enable them to reach B2 level according to the CEFER framework [1] and at the same time moderately master CPGE contents and skills required to successfully take national and international examinations. In particular, the course aims at:

- reviewing and extending their linguistic knowledge gained in high school by focusing jointly on both accuracy and fluency-oriented tasks and activities;
- enhancing their cognitive and study-skills toolkit to help them cope with the academic requirements and challenges of higher education and later the professional lives;
- enhancing their cross-cultural communication through authentic culturally-oriented material by adopting a growth mindset and successfully engage in intercultural endeavors;
- dealing with basic translation issues from English to French "Version" at the word, the phrase and the simple sentence level.

# 2 Linguistic and Cognitive contents

Reorganizing curriculum contents has always been a big challenge for educators and course designers ever since. In the context of CPGE, it has been no exception. Given the amount and complexity of contents and skills that need to be covered in a short period of time (practically 5 terms in two years), a lot of mental gymnastics was therefore needed in order to come to terms with the needs and requirements of this prestigious student population.

The sections below are meant to help teachers to better conceptualise the requirements of the CPGE program further so that they design learning tasks and activities at an appropriate level of complexity and at the same time make the learning journey of students both interesting and enthusiastic. As you may notice there are five sections or curriculum components and sixteen subcomponents that pertain to CPGE student profile. For pedagogical purposes, and intentionally they have been grouped into five broad sections explicited in the table below:

1. CEFER refers to The Common European Framework of Reference for Languages

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

- Cognitive and socio-emotional skills
  1. critical thinking skills
  2. creative thinking goals
  3. study skills
  4. social and emotional skills
- Receptive skills and vocabulary
  5. critical reading subskills
  6. listening and visual interpretation skills
  7. vocabulary development strategies
  8. displaying comprehension skills
- Writing and Translation
  9. writing subskills
  10. grammar for writing
  11. translation
- Oral Proficiency and Public Speaking
  12. oral proficiency and interpersonal skills
  13. public speaking skills
  14. kholles session skills
- Cross-cultural communication and the International mindset
  15. cross-cultural communication
  16. international mindedness

## 2.1 Cognitive and Socio-emotional Skills

### Critical Thinking Skills

Critical thinking skills are invaluable for college students. They do in fact contribute to the enhancement of students' ability to analyze complex texts and ideas, making it easier to for them understand and interpret academic and professional writings. Additionally, critical thinking helps students to improve their ability to build well-reasoned arguments, which is crucial for writing argumentative and synthesis essays, research papers, and engaging in debates. Furthermore, critical thinking aids in problem-solving, allowing students to address and solve problems more effectively by evaluating evidence, identifying logical connections, and drawing logical conclusions.

### Creative Thinking Goals

The English Language Teaching (ELT) programme includes a set of creative thinking goals, through which we hope to encourage students to think outside the box, fostering originality in their writing and presentations. This innovative approach is intended to make learning more engaging and enjoyable and help increase students' desire to explore learning pathways. Moreover, and from a production perspective, creative thinking should help students to enhance adaptability, helping them adjust to different genres and styles of English, whether in creative writing, technical

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

writing, or everyday communication. This flexibility is essential for success in various academic and professional contexts.

### Study Skills

Developing strong study skills enables students to manage their time efficiently, organize their work, and use resources effectively, leading to better academic performance. Effective learning techniques, such as summarizing, note-taking, and reviewing, enhance memory retention and recall, which are crucial for mastering vocabulary, grammar rules, and literature. Additionally, good study habits foster self-discipline and independence, essential qualities for lifelong learning and professional success. By cultivating these skills, students can achieve their academic goals more effectively.

### Social and Emotional Skills

Social and emotional skills play a significant role in students' academic and personal development. Improved communication skills enable students to interact more effectively with peers and instructors, enhancing group work, discussions, and presentations. Emotional intelligence helps students manage stress, build resilience, and maintain a positive attitude towards learning challenges and setbacks. Furthermore, these skills encourage collaboration and empathy, allowing students to understand diverse perspectives, which is particularly beneficial in studying multicultural and global contexts in English literature and communication.

## 2.2 Receptive Skills and Vocabulary

### Critical Reading

Critical Reading is about forming judgments about how a text works. i.e., about analyzing, Interpreting, and evaluating the text contents[2]. It is about deciphering implicit knowledge supplied from outside the text that can interact with knowledge in the text to create inferences. It refers to the main linguistic means for presupposing ideas rather than explicitly stating them. The students need to understand that their language proficiency and cultural background are crucial to text comprehension.

2. Goatly, A & Hiradhar, P. (2016). Critical Reading and Writing in the Digital Age. Routledge. London

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

Developed critical reading and listening are crucial for college students. They enable them to comprehend and interpret written and spoken texts effectively, which is essential for academic success. Critical reading subskills, such as inferring, idea analysis, critiquing content and textual elements and displaying comprehension through the evaluation of content and textual elements allow students to navigate complex texts, identify key information, and understand the underlying messages. This would deepen their engagement with course materials and enhance their ability to participate in class discussions and complete assignments.

### Visual interpretation

skills refer to the tools the students use to understand literal, inferential, and evaluative/applied meaning. They further complement students' receptive skills by enabling them to understand still or moving images, spoken language in lectures, discussions, and multimedia resources. These skills help students grasp the nuances of tone, intention, and context, which are often conveyed through auditory and visual cues. Developing these skills improves students' overall oral proficiency and public speaking skills and prepare them for real-world communication in diverse settings.

### Vocabulary Development Strategies

Vocabulary development strategies are fundamental for expanding students' lexical repertoire, which directly impacts their reading and listening skills. Techniques such as using context clues, word mapping, using word part information and recognizing core lexis related to the themes under study help students learn new words and understand their meanings and usage. A robust vocabulary allows students to articulate their thoughts more precisely and effectively, both in writing and speaking.

### Displaying comprehension

Through the active participation in speaking and writing activities, in and outside the classroom context, students can sharpen their skills in displaying comprehension. These skills are further enhanced through various methods, including paraphrasing, explaining or summarizing oral or written texts and reacting to open ended questions about the material.

By showcasing their comprehension, students not only affirm their understanding but also reinforce their learning through active engagement with the content, be it written, visual or auditory. This active demonstration of comprehension ensures that students can apply their knowledge in practical and academic settings, enhancing their overall educational experience.

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

## 2.3 Writing and Translation

### Writing Subskills

In the Writing section we describe the skills the students need to acquire in order to perform well during national and international examinations. These skills are ranging from lower level skills such as organization, grammar mechanics to higher level skills such as argumentation style and synthesis. students are helped to develop these skills through sustained practice in a series of targeted tasks and activities. These subskills include organizing ideas logically, crafting coherent paragraphs, and constructing clear and concise sentences. Students are trained to focus on the structure and flow of their writing, ensuring each part of their text serves its intended purpose. Exercises such as essay writing, summarizing, synthesizing and report writing are commonly used to reinforce these subskills. Additionally, peer reviews and teacher feedback provide students with insights into their writing strengths and areas for improvement, encouraging them to refine their techniques and develop a polished writing style.

### Grammar for Writing

Grammar for writing is another critical area of focus in the Writing and Translation section. Students study, in class or independently, the rules of grammar, syntax, and punctuation. This includes understanding proper use of tenses, complex sentence structures, and correct linking words and phrases and the different types of clauses. Through grammar exercises, practice tests, and error correction activities, students learn to apply grammatical rules accurately in their writing. The emphasis on how grammar helps students produce error-free texts, enhancing the clarity and readability of their work. Regular practice and revision ensure that students internalize these rules and can use them instinctively when writing.

### Translation

Translation skills, both 'Theme' et 'Version', are developed through exercises that involve converting texts from one language to another while preserving the original meaning, tone, and context. Students practice translating various types of texts, ranging from single sentences to long paragraphs. This practice helps them understand the nuances and idiomatic expressions of both the source and target languages. By working on translation assignments and projects, students enhance their vocabulary, learn to manage linguistic differences, and develop an appreciation for cultural contexts. Additionally, they are taught strategies for dealing with translation challenges,

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

such as ambiguous terms or cultural references, ensuring that their translations are accurate and culturally appropriate. Translation exercise is divided into 5 mini projects. The deliverables are:

**Project 1:** understanding cultural content;
**Projects 2 and 3:** practice of translation strategies;
**Project 4:** practice of sentence translation;
**Project 5:** practice of translation and translation verification.

## 2.4 Oral Proficiency and Public Speaking

### Oral Proficiency and Interpersonal Skills

Oral proficiency and interpersonal skills are enhanced In the CPGE through active engagement in classroom discussions and diverse communication scenarios. In fact, students can improve their oral proficiency further by participating in debates, group discussions, and language labs where they practice speaking in a variety of contexts. These activities not only help them articulate their thoughts clearly but also develop their listening and response skills, essential for effective interpersonal communication. Engaging in role-plays and simulations can also provide practical experience in handling real-life conversations, thus boosting confidence and competence in oral interactions.

### Public Speaking Skills

Public speaking skills are honed through structured exercises that focus on key aspects such as articulation, pacing, body language, and audience engagement. During Kholles sessions, students can take advantage of opportunities to present their work in front of peers and teachers, receive constructive feedback, and refine their delivery techniques. Participating in workshops or joining public speaking clubs in the respective centers can offer additional practice and mentorship. Regularly delivering presentations and speeches in different subjects helps students build confidence, improve their ability to organize thoughts coherently, and learn to manage public speaking anxiety effectively. This ongoing practice is crucial for mastering the art of public speaking. I seize this opportunity to encourage every single student to participate in the public speaking contests organized by the CPGE department regularly.

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

### Kholles Session Skills

Kholles sessions, unique to the CPGE system, are oral examinations where students present and defend their knowledge on a given subject. These sessions are instrumental in enhancing both oral proficiency and public speaking skills. The Kholles format requires students to think on their feet, articulate their responses clearly, and engage in a dialogue with the examiner. This rigorous exercise sharpens their ability to formulate arguments, express ideas concisely, and handle spontaneous questions. By regularly participating in Kholles sessions, students develop a high level of oral competence and confidence in public speaking, preparing them for both academic and professional challenges.

## 2.5 Cross-cultural communication and the International mindset

### Cross-cultural communication

To promote cultural responsiveness and cross-cultural communication students would develop ways of interacting in the classroom that are culturally responsive, and that are supported by teachers' own cultural competence and understanding of social dynamics and their impact on learning environments. Students can enhance these skills by engaging in diverse classroom discussions, participating in school cultural activities, and interacting with media from various cultures. These activities expose students to different communication styles, social norms, and cultural values, fostering greater empathy and adaptability. By honing their cross-cultural communication abilities, students become more competent in navigating the globalized world, enabling them to build stronger relationships and collaborate effectively with international peers.

### International mindset

International mindedness is the awareness and appreciation of different cultures and perspectives, coupled with an understanding of global issues. Through the different themes, subthemes and topics dealt with during the two years of training, students can cultivate this mindset by staying informed about world events can broaden their perspectives. Post CPGE opportunities include immersing themselves in international experiences, such as pursuing their higher studies abroad, joining, virtually or in-person, multicultural student organizations, and attending global seminars and conferences. Developing international mindedness prepares students for global citizenship, encouraging them to think critically about international affairs and act responsibly within the

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

global community. This mindset not only enhances their personal and academic growth but also equips them with the skills necessary for successful careers in an interconnected world.

# Course content for Trimesters ONE and TWO

The CEFR (Common European Framework of Reference for Languages) provides a comprehensive guideline for language proficiency, ranging from A1 (beginner) to C2 (proficient). Integrating the CEFR framework with CPGE (Classes Préparatoires aux Grandes Écoles) themes / topics has significantly contributed to the enhancement of students' language skills, cultural awareness, and professional competencies. The three themes in the CPGE document (cf. diagram below) pave the way for students to better enhance their language proficiency, develop cross cultural understanding and an international mindset and at the same time be better prepared for national and internal examinations in view of gaining admission to prestigious higher education institutions in Morocco and abroad. Merging the CEFR Framework with CPGE contents and skills has resulted on the other hand in the production of the Scope and Sequence document that englobes what students need to know and be able to do at the end of second trimester of the first year. This document that has been produced by a group of CPGE teachers under the supervision of the inspector/Coordinator of the English department. The theme of 'Efficient College Life of an Engineer or Manager Nowadays', despite being a little bit challenging for students who have just joined CPGE, is the first theme to be covered by students so that they prepare their smooth integration in the CPGE. The other two themes are smoothly integrated in the suggested A2, B1 and B2 levels. By integrating these three themes into their academic journey, CPGE students can significantly improve their language proficiency, develop a well-rounded international perspective, and excel in competitive exams.

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

This holistic approach not only prepares them for the demands of higher education but also equips them with the skills and mindset necessary for success in a globalized world.

| Mainstream | Tutoring mode | Number of hours per week | Number of hours per term | Number of hours per semester | Number of hours per year |
|---|---|---|---|---|---|
| MP/PSI/TSI | Class | 2 | 20 | 30 | 60 |
| | Colle | 0.5 | 03 | 04.5 | 09 |
| | Total | 2.5 | 23 | 34.5 | 69 |
| ECS/ECT | Class | 03 | 30 | 45 | 90 |
| | Colle | 0.5 | 03 | 04.5 | 09 |
| | Total | 03.5 | 33 | 49.5 | 99 |

Table 8.1 – Number of hours of learning per week/month/semester/year

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | A1 | A2 | B1 |
|---|---|---|---|---|
| UNDERSTANDING | Listening | I can recognize familiar words and very basic phrases concerning myself, my family and immediate concrete surroundings when people speak slowly and clearly | I can understand phrases and the highest frequency vocabulary related to areas of most immediate personal relevance (e.g. very basic personal and family information, shopping, local area, employment). I can catch the main point in short, clear, simple messages and announcements. | I can understand the main points of clear standard speech on familiar matters regularly encountered in work, school, leisure, etc. I can understand the main point of many radio or TV programmes on current affairs or topics of personal or professional interest when the delivery is relatively slow and clear. |
| | Reading | I can understand familiar names, words and very simple sentences, for example on notices and posters or in catalogues. | I can read very short, simple texts. I can find specific, predictable information in simple everyday material such as advertisements, prospectuses, menus and timetables and I can understand short simple personal letters. | I can understand texts that consist mainly of high frequency everyday or job-related language. I can understand the description of events, feelings and wishes in personal letters. |
| SPEAKING | Spoken Interaction | I can interact in a simple way provided the other person is prepared to repeat or rephrase things at a slower rate of speech and help me formulate what I'm trying to say. I can ask and answer simple questions in | I can communicate in simple and routine tasks requiring a simple and direct exchange of information on familiar topics and activities. I can handle very short social exchanges, even though I can't usually understand enough to keep the conversation going myself. | I can deal with most situations likely to arise whilst travelling in an area where the language is spoken. I can enter unprepared into conversation on topics that are familiar, of personal interest or pertinent to everyday life (e.g. family, hobbies, work, travel and current events). |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Spoken Production | areas of immediate need or on very familiar topics. I can use simple phrases and sentences to describe where I live and people I know. | I can use a series of phrases and sentences to describe in simple terms my family and other people, living conditions, my educational background and my present or most recent job. | I can connect phrases in a simple way in order to describe experiences and events, my dreams, hopes and ambitions. I can briefly give reasons and explanations for opinions and plans. I can narrate a story or relate the plot of a book or film and describe my reactions. |
| WRITING | Writing | I can write a short, simple postcard, for example sending holiday greetings. I can fill in forms with personal details, for example entering my name, nationality and address on a hotel registration form. | I can write short, simple notes and messages relating to matters in areas of immediate needs. I can write a very simple personal letter, for example thanking someone for something. | I can write simple connected text on topics which are familiar or of personal interest. I can write personal letters describing experiences and impressions. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | B2 | C1 | C2 |
|---|---|---|---|---|
| UNDERSTANDING | Listening | I can understand extended speech and lectures and follow even complex lines of argument provided the topic is reasonably familiar. I can understand most TV news and current affairs programmes. I can understand the majority of films in standard dialect. | I can understand extended speech even when it is not clearly structured and when relationships are only implied and not signalled explicitly. I can understand television programmes and films without too much effort. | I have no difficulty in understanding any kind of spoken language, whether live or broadcast, even when delivered at fast native speed, provided I have some time to get familiar with the accent. |
| | Reading | I can read articles and reports concerned with contemporary problems in which the writers adopt particular attitudes or viewpoints. I can understand contemporary literary prose. | I can understand long and complex factual and literary texts, appreciating distinctions of style. I can understand specialized articles and longer technical instructions, even when they do not relate to my field. | I can read with ease virtually all forms of the written language, including abstract, structurally or linguistically complex texts such as manuals, specialized articles and literary works. |
| SPEAKING | Spoken Interaction | I can interact with a degree of fluency and spontaneity that makes regular interaction with native speakers quite possible. I can take an active part in discussion in familiar contexts, accounting for and sustaining my views. | I can express myself fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions. I can use language flexibly and effectively for social and professional purposes. I can formulate ideas and opinions with precision and relate my contribution skilfully to those of other speakers. | I can take part effortlessly in any conversation or discussion and have a good familiarity with idiomatic expressions and colloquialisms. I can express myself fluently and convey finer shades of meaning precisely. If I do have a problem I can backtrack and restructure around the difficulty so |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Spoken Production | I can present clear, detailed descriptions on a wide range of subjects related to my field of interest. I can explain a viewpoint on a topical issue giving the advantages and disadvantages of various options. | I can present clear, detailed descriptions of complex subjects integrating sub-themes, developing particular points and rounding off with an appropriate conclusion. | smoothly that other people are hardly aware of it.<br>I can present a clear, smoothly-flowing description or argument in a style appropriate to the context and with an effective logical structure which helps the recipient to notice and remember significant points. |
| WRITING | Writing | I can write clear, detailed text on a wide range of subjects related to my interests. I can write an essay or report, passing on information or giving reasons in support of or against a particular point of view. I can write letters highlighting the personal significance of events and experiences. | I can express myself in clear, well- structured text, expressing points of view at some length. I can write about complex subjects in a letter, an essay or a report, underlining what I consider to be the salient issues. I can select style appropriate to the reader in mind. | I can write clear, smoothly-flowing text in an appropriate style. I can write complex letters, reports or articles which present a case with an effective logical structure which helps the recipient to notice and remember significant points. I can write summaries and reviews of professional or literary works. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# CPGE THEMATIC CONTENTS: thematic contents_FIRST YEAR

| Subthemes | ELO[5] | Statement of Inquiry | Suggested Topics |
|---|---|---|---|
| **Main Theme 1: An efficient college life of an engineer/manger nowadays** | | | |
| – Awareness of the self & Immediate environments<br>– Future leaders | • Students develop healthy attitudes towards the self, tasks and the other. | • A mindset of a successful learner at college helps him/her override all obstacles | 1. education & Literacy around the globe: secondary & Tertiary<br>2. time management and self-efficacy<br>3. leadership and Personal development<br>4. values education and personality |
| – Technology & Media literacy | • Students become more familiar with the meaning of digital nativity. | Living in a digital world requires healthy digitized practices | 5. technology, Media literacy and social development<br>6. media convergences (Facebook, WhatsApp, Instagram, etc.), privacies & fact-check |
| **Main Theme 2: From Social awareness to social action** | | | |
| – Social awareness | • Students value the empowering role of collaboration & cooperation. | • An appropriate understanding of the role of communication and collaboration is key for success in 21 century societies and a protection against all the social ills. | 7. dynamic societies Dynamic cultures<br>8. teaming and group dynamics<br>9. the social ills of the digital world: corruption; drug-dealing cyberbullying |
| – social action | • Students demonstrate care for and sense of belonging to society. | • Acting alone or together to address issues of public concern is an act of civic engagement and a contribution to the rule of law. | 10. common humanity, war, Immigration, refugees & conflicts<br>11. civil society and social change<br>12. young generations & social commitment |
| **Main Theme 3: Knowledge and skills for the business world** | | | |
| – Capacity building and | • Students aware of the full potential of | • Systems thinking and research skills are key to a | 13. soft skills for the 21st century |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | | |
|---|---|---|---|
| skills development | the connected society | fully developed mind that transcends beyond student life. | **14.** academia and research in digital societies<br>**15.** plagiarism, copyright and fact check. |
| – Smart inter-connected life | Students explore recent developments in engineering | Smart life requires smart people using smart technologies in sustainable shared environments. | **16.** energy; renewable energies<br>**17.** food engineering: food around the world.<br>**18.** bicultural understanding |

5. Theme-related EXPECTED LEARNING OUTCOME

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Scope and Sequence

## Cognitive and Linguistic Content

Through the CPGE merged program, students cover most of the language skills and subskills present in the CEFR Framework that can help them to excel academically and professionally later when they join the job market. In general, the language proficiency and the professional skills targeted in the scope and sequence document are meticulously addressed by teachers during class teaching depending on their students' level of proficiency. They generally range between B1-C1 CEFR Levels. Skills such as team collaboration, volunteering, networking, campaigns and advocacy, and entrepreneurship constitute important areas in the CEFR Framework and are also present in the CPGE merged program. So, through the skill of reading, students are given opportunities to read and analyze authentic texts, technical documents, case studies, and management journals to improve comprehension of complex texts relevant to their fields. They also study articles and reports on social issues, global challenges, and community projects to improve comprehension and critical thinking; and are occasionally initiated to an understanding of business terminology and concepts. Writing tasks and activities in the scope and sequence provide students with opportunities to practice writing essays, opinion statements, and social media campaigns to advocate for social causes, focusing on persuasive language and emotional appeal and project proposals, focusing on clarity, coherence and appropriate terminology; By aligning CEFR proficiency levels with the practical and thematic aspects of CPGE program students can systematically improve their language skills while engaging in relevant and meaningful activities. This integration ensures that language learning is not isolated but embedded within the context of their academic and professional goals. Later with the e-learning platforms, students can adopt customized learning paths and tailor language learning to match their specific needs of engineering or management fields ensuring that they achieve the required CEFR levels for their field. Through the TIPE, in the second year, students are encouraged to engage in interdisciplinary projects that require collaboration across disciplines, fostering a holistic approach to problem-solving and innovation. Through this integrated approach, CPGE students will not only achieve high levels of language proficiency but also develop the necessary skills and knowledge to excel in their academic pursuits and future careers. Below are the Scope and Sequence documents for

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

A2, B1 and B2 levels. An updated version will be issued soon.

# A2 Scope and sequence

## Unit 1. My College

Unit focus: talk about oneself as a college student

Unit Learning Outcomes: students can introduce themselves and others; talk about where people are from; give information about family and friends; ask and talk about college; ask for clarification; describe college schedule.

**Target contents**

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[8] |
|---|---|---|
| • Ask for information<br>• Talk about quantity in English<br>• Ask for/give opinion<br>• Say you think something is true<br>• Say you think something isn't true<br>• Make predictions<br>• Use conditional Type 1 | **Grammar**<br>• Any, some, a lot of<br>• All, none, (not) any, enough, (a) few<br>• Review of all tenses (all forms). (A piece of news about a new technology)<br>• Use conditional type 1<br>**Vocabulary**<br>• Technology (IT collocations)<br>• School and education (Online learning)<br>• Regular vs. irregular plurals<br>• Past participles<br>• The news<br>**Pronunciation**<br>• Rising and falling intonation | • Fact checking<br>• Commenting<br>• Formal vs. informal language<br>• Smartphone addiction |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| | • Long vs. short vowel. | |

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading for information and argument**<br>• Skimming questions to predict content<br>• Synthesize, create new ideas, predict and draw conclusions<br>• Decoding (Advert, …)<br>**Listening/viewing**<br>**Understanding audio / video media**<br>**Identifying cues and inferring**<br>• Infer word meanings from the context<br>• Interpret specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in visual texts with spoken and/or written text with spoken and/or written text | • Information exchange<br>• Turn-taking<br>**Ask for information**<br>**Ask for/ give opinion**<br>**Make predictions** | **Speaking**<br>**Sustained monologue: putting a case**<br>• Talk about technology<br>• Talk about media<br>• Debate the credibility of a piece of news<br>**Addressing audiences**<br>• Present a new technology for sale<br>**Writing**<br>**Report**<br>• Write a news report about a new invention (medical/industrial/ technological) |

| | |
|---|---|
| Independent Learning | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Spot fake and real news on social media, looking for clear examples and sharing them with classmates. |

8. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 2. Now and Then

Unit focus: describe one's appearance and personality changes

Unit Learning Outcomes: students can ask and talk about people's appearance; ask and talk about people's personality; make comparisons; ask and talk about past habits; describe their appearance and personality.

## Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[11] |
|---|---|---|
| • Ask and talk about people's appearance<br>• Ask and talk about people's personalities<br>• Use the comparative<br>• Talk about past habits<br>• Use the simple past of the verb to be was / were<br>• Use used to/ didn't use to talk about changes in personality<br>• Recognize simple past regular verb endings<br>• Express reasons for personal changes<br>• Write a description of oneself | **Grammar**<br>• The simple past (verb to be)<br>• Used to/ didn't use to<br>• The simple past<br>• Yes/No Questions<br>• Wh-questions<br>**Vocabulary**<br>• Adjectives of Appearance and<br>• Personality<br>• Clothes<br>• Eating habits<br>**Pronunciation**<br>• Regular Verbs endings -ed (t/d/ed)<br>• Pace | • Forms of address |

## Student Activities

11. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading for information and argument**<br>• can a text to identify specific information<br>• Understanding simple questions<br>• Skim a text for the main idea<br>**Listening/viewing**<br>**Understanding audio/video media and recordings**<br>• Identify vocabulary related to personality and appearance<br>**Understanding a conversation about past habits**<br>• Listening for gist<br>• Listening for detail | • Conversation: Give reasons for personal changes | **Speaking**<br>**Sustained monologue:**<br>• Describing one's family and oneself<br>• Describing family member personalities<br>• Talking about different physical appearances.<br>• Talking about past habits (including eating habits)<br>**Writing**<br>**Creative writing**<br>• Write an informal email describing oneself |
| Independent Learning | | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Answer a personality questionnaire and report the findings to classmates through a group discussion, focusing on the main qualities and defects. | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 3. Entertainment

Unit focus: organize social/ entertaining events

Unit Learning Outcomes: students can talk about types of TV shows they like; give their opinions about media and celebrities; ask for and give a recommendation; ask for and give suggestions.

## Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[14] |
|---|---|---|
| • Make and respond to suggestions<br>• Invite or accept vs. refuse an invitation<br>• Make arrangements to meet people<br>• Use modals of possibility<br>• Find information in a cinema program<br>• Ask for /give a recommendation about sth. | **Grammar**<br>• Past continuous<br>• Future time (going to)<br>• Demonstratives<br>• Adjectives ending in-ed vs -ing<br>• Modals of possibility<br>**Vocabulary**<br>• Music and movie genres<br>• Things we spend money on<br>• Natural places<br>• Shopping and money<br>• Confusing verbs: get; make; take; tell vs. say<br>• Indoor activities<br>• Types of TV shows<br>• Entertainment (nouns and verbs)<br>**Pronunciation**<br>• Stress of words ending in -tion/ic<br>• Pause | • Difference and similarities between different types of music across cultures<br>• Gaming<br>• Online entertainment platforms<br>• Taboos |

14. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Student Activities | | |
|---|---|---|
| **Reception** | **Interaction** | **Production** |
| **Reading**<br>**Reading for instructions**<br>• Get the gist of a simple text with visual support<br>• Decide on the appropriate reading strategy to use for a reading task<br>• Identifying parts of speech<br>**Listening/viewing**<br>**Understanding audio/video media and recordings**<br>• Identify key information/details in a description<br>• Understand information presented in oral/visual texts<br>• Construct meaning from main ideas and supporting details, and draw<br>• conclusions from visual texts presented with spoken and/or written text | • Informal discussion (with peers)<br>Making and responding to suggestions Asking for/ giving a recommendation about something. | **Speaking**<br>**Sustained monologue: describing experience**<br>• Talk about media<br>• Talk about films<br>• Talk about holidays/ travel/transport<br>• Talk about a journey<br>• Talk about places you've been to<br>**Writing**<br>**Report**<br>• Write about past entertaining events and your plans for future ones.<br>• Review/Describe Films or series |
| Independent Learning | | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Suggest what movies are on box office to watch to a friend through a dialogue. | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 4. Media and Fact Check

Unit focus: present a piece of news on social media (audio or video format)

Unit Learning Outcomes: students can Students can ask for information; ask for and give an opinion about media; say they think something is true and not true; react to fake news; make predictions

## Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[17] |
|---|---|---|
| • Ask for information<br>• Talk about quantity in English<br>• Ask for/give opinion<br>• Say you think something is true<br>• Say you think something isn't true<br>• Make predictions<br>• Use conditional Type 1 | **Grammar**<br>• Any, some, a lot of<br>• All, none, (not) any, enough, (a) few<br>• Review of all tenses (all forms). (A piece of news about a new technology)<br>• Use conditional type 1<br>**Vocabulary**<br>• Technology (IT collocations)<br>• School and education (Online learning)<br>• Regular vs. irregular plurals<br>• Past participles<br>• The news<br>**Pronunciation**<br>• Rising and falling intonation<br>• Long vs. short vowel. | • Fact checking<br>• Commenting<br>• Formal vs. informal language<br>• Smartphone addiction |

17. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Student Activities | | |
|---|---|---|
| **Reception** | **Interaction** | **Production** |
| **Reading**<br>**Reading for information and argument**<br>• Skimming questions to predict content<br>• Synthesize, create new ideas, predict and draw conclusions<br>• Decoding (Advert, …)<br>**Listening/viewing**<br>Understanding audio / video media Identifying cues and inferring<br>• Infer word meanings from the context<br>• Interpret specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in visual texts with spoken and/or written text | • Information exchange<br>• Turn-taking Ask for information Ask for/ give opinion Make predictions | **Speaking**<br>**Sustained monologue: putting a case**<br>• Talk about technology<br>• Talk about media<br>• Debate the credibility of a piece of news<br>**Addressing audiences**<br>• Present a new technology for sale<br>**Writing**<br>**Report**<br>• Write a news report about a new invention (medical/industrial/ technological) |
| Independent Learning | | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Spot fake and real news on social media, looking for clear examples and sharing them with classmates. | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 5. Achievements and Prospects

Unit focus: introduce one's role model

Unit Learning Outcomes: students can discuss their dreams for the future; ask and talk about people who made/have made a difference; express ability, prohibition, obligation and necessity; express agreement vs. disagreement.

## Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[20] |
|---|---|---|
| • Talk about people's achievements<br>• Talk about what you have never done and always wanted to do<br>• Use the present perfect tense<br>• Use the superlative<br>• Use modals (1) of ability vs. prohibition, (2) obligation and necessity<br>• Express agreement vs. Disagreement<br>• Write about the achievements of an idol<br>• Talk about personal goals and career prospects | **Grammar**<br>• Review of articles<br>• Present perfect simple<br>• The superlative (regular vs. irregular adjectives)<br>• Modals (1) can, can't; can't, mustn't<br>• Modals (2) must, have to<br>**Vocabulary**<br>• Phrasal verbs<br>• Collocations to describe abilities<br>• Collocations to describe achievement<br>• Adverbs of degree/ Modifiers Pronunciation<br>• Linked sounds<br>• Heteronyms | • Gender preferences (similarities and differences)<br>• Criteria for/ of success (motivation, pressure management, perseverance, time management, …)<br>• Free well vs destiny |

20. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Student Activities | | |
|---|---|---|
| **Reception** | **Interaction** | **Production** |
| **Reading**<br>**Reading for information and argument**<br>• Extract information from an informative text<br>• Understand order of events in a biography<br>• Interpret a timeline<br>**Listening/viewing**<br>**Understanding conversation between other people**<br>• Recognize when people agree and disagree in a conversation<br>• Listen for gist and then for detailed information<br>• Understand facts in an interview | • Formal conversation (with peers)<br>• Information exchange<br>**Express agreement vs. Disagreement**<br>**Express ability, prohibition, obligation and necessity** | **Speaking**<br>**Sustained monologue: Describing experience and giving information**<br>• Talk about personal achievements<br>• Talk about abilities<br>• Talk about obligations where you study<br>**Writing**<br>**Report**<br>• Describe an unusual ability<br>• Write a biography highlighting the achievement of a world figure |
| Independent Learning | | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Share your personal and professional future prospects with your classmates. | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# B1 Scope and Sequence

## Unit 1. Intergenerational Issues

Unit focus: generations, as age groups, communicate different attitudes, behaviours and lifestyles through social interaction.

Unit Learning Outcomes: students can introduce themselves as an independent generation; talk about generations & social media; give a short account about the communication problems between generations and how to avoid them; ask for clarification about; and post opinions and suggestions on intergenerational issues.

---

1.1. Autonomy & independence; 1.2. Social media through generations; 1.3. Parent-Teen Communication; 1.4. Know more, interact better.

### Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[23] |
|---|---|---|
| ◆ Talk about generations between autonomy & independence<br>◆ Use the simple past<br>◆ Talk about the elderly & social media<br>◆ Use reported speech<br>◆ Talk about Parent-Teen Communication<br>◆ Use Active vs. Passive Voice<br>◆ Talk about parents and kids - as different generations<br>◆ Use some mechanics accurately.<br>◆ Write a web post describing oneself as a generation representative in need of | **Grammar**<br>◆ Simple Past & "used to"<br>◆ Direct vs indirect speech (present and past reporting verbs)<br>◆ Active vs passive voice (present simple & past simple)<br>**Vocabulary**<br>◆ Autonomy & independence<br>◆ The elderly & social media<br>◆ Parent-Teen Communication<br>◆ Generation Characteristics<br>**Pronunciation**<br>◆ "-ed" → /d/, /t/ & /id/ & "used to" /s/<br>◆ "say" & "said" | ◆ become aware of the salient politeness conventions<br>◆ act appropriately.<br>◆ Express & respond to opinion, agreeing and disagreeing<br>◆ Express lack of understanding, ask for & make clarification |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

finding a place among generations.

- Tone & meaning (scenarios)

**Orthography**

Accurate spelling and punctuation.

## Student Activities

### Reception

**Reading**

**Identifying cues and inferring:**

- Predict content from title
- Identify positive and negative attitudes Reading for information and argument:
- Understand most factual information

**Listening/viewing**

**Understanding a static visual**

- Predict content from pictures Understanding conversation between other people
- Get the main points in a video on intergenerational issues when delivery is slow and clear Watching TV, film and video
- Follow a video and catch the main points on interpersonal issues.

**Visual Literacy**

**Explaining data in speech**

### Interaction

**Conversation:**

- Maintain a discussion even with difficulty about generational issues

**Informal discussion:**

- Can give or seek personal views and opinions in discussing generation gap

**Co-operating**

- Inviting a partner into a discussion on generational issues

**Turn-taking:**

- Initiate, maintain and close a simple face-to-face discussion on

### Production

**Speaking**

**Sustained monologue; describing experience**

- Give a detailed account of generations between autonomy & independence
- Compare parents and kids as different generations

**Sustained monologue describing / narrating an event (feelings & reactions)**

- Describe attitudes, feelings & reactions during an argument (communication)
- Give a detailed account of generations' experience with FB

**Writing**

**Creative Writing:**

- Write a web post describing oneself as a generation representative in need of finding a place among generations.

23. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| ◆ Describing in simple sentences the main points in different static visuals related to interpersonal issues. | generational issues | Translation<br>◆ Using Parallel translation in English & French<br>◆ Extracting information from English and French texts Comparing and contrasting concepts and grammar. |
| Independent Learning | Study & Retain + More Practice on Linguistic Component & Interaction + More practice on Reading Comprehension & Writing (including Translation) | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**1.5. End of Unit Task:** Write a web post about generation gap and suggest ways to improve relationship between generations. | |

## Unit 2. Media & Society

Unit focus: media, one of the greatest influencers, is both a source of awareness and a promoter of action and change which are levers towards social development.

Unit Learning Outcomes: students can name and distinguish different media; express their views on their nature and content, talk about their impact on social life; and prepare a illustrative poster with captions on them.

**2.1.** Social media & influencers; **2.2.** Social media & community service; **2.3.** Invasion of privacy & cyberbullying; **2.4.** Fake news & misinformation.

| Target contents | | |
|---|---|---|
| **Unit Contents** | **Linguistic Component** | **Socio(cult & ling)**[26] |
| ◆ Talk about impact of media on society.<br>◆ Use the past simple & the | **Grammar**<br>◆ Past Simple vs Present Perfect Simple | ◆ Be aware of the most significant differences b/w customs, |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

present perfect simple
- Talk about using social media and personal development
- Use "will" & "be going to"
- Talk about daily programme
- Use phrasal verbs
- Express views using logical arguments. Use gerund and infinitive
- Describe a personal digital experience

- "will" & "be going to"
- Gerund and infinitive
- Phrasal verbs

**Vocabulary**

- Mainstream media (TV, Radio, Written press … etc.)
- Social media (Facebook, Instagram, Twitter … etc.)
- Expressions to display views and opposing views.

**Pronunciation**

- American vs British
- Pronunciation of /r/

**Orthography**

- Some differences in spelling between American vs British English

attitudes, values and beliefs prevalent in the community concerned and those of one's own.
- Express likes, dislikes & indifference

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Overall reading comprehension**<br>◆ read a factual text on media with a satisfactory level of comprehension<br>**Reading for orientation**<br>◆ find and understand relevant information in a poster or other everyday material | **Conversation:**<br>◆ Maintain a discussion even with difficulty about media<br>**Informal discussion:**<br>◆ Express beliefs, opinions and agree- | **Speaking**<br>**Overall oral production:**<br>◆ Sustained monologue; describing experience<br>◆ Give a detailed account of the influence of media on society.<br>**Sustained monologue; putting a case** |

26. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

**Reading for argument**

- recognize significant points in straightforward news article on media

### Listening/viewing

**Overall oral comprehension**

- Understand the main points made in clear standard language on media matters

**Understanding as a member of a live audience**

- Understand specific information, ideas, opinions and attitudes

**Watching TV, film and video**

- Follow the video and catch the main points on media as a subject

### Visual Literacy

**Explaining data in speech**

- Describing in simple sentences the main points in different static visuals related to interpersonal issues.

ment/disagreement on media matters politely

**Co-operating**

- Inviting a partner into a discussion on media

Turn-taking:

- Initiate, maintain and close a simple face-to-face discussion on media

- Express views on media (using logical arguments).

### Writing

**Creative Writing:**

- Make a poster about social media.

### Translation

**Understand and translate content about media (in short sentences) into French.**

| | |
|---|---|
| Independent Learning | Study & Retain + More Practice on Linguistic Component & Interaction + More practice on Reading Comprehension & Writing (including Translation) |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>2.5. **End of Unit Task:** Prepare a poster session about social media and their contribution in the promotion of better social behavior. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 3. Technology

Unit focus: technological innovations have helped man improve work conditions, create substantial social change and allowed him dream the future.

Unit Learning Outcomes: students can build up a personal view on certain innovations give reasons for approving or disapproving of artificial intelligence; describe the technology of their dream life and be aware of its advantages and disadvantages.

**3.1.** Is Technology always the Solution? **3.2.** Robot teachers; **3.3.** Technology is great; **3.4.** Homes of the future.

## Target contents

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[29] |
|---|---|---|
| ◆ Talk about techno-chauvinism<br>◆ Use comparisons<br>◆ Talk about human & robot teachers<br>◆ Use can, could, will, would<br>◆ Talk about houses in the future<br>◆ Use identifying relative clauses<br>◆ Talk about the importance of technology<br>◆ Use the present perfect simple<br>◆ Use some mechanics accurately.<br>◆ Write an e-mail about the importance of technology in our life | **Grammar**<br>◆ Making comparisons<br>◆ Modals: can, could, will, would<br>◆ Identifying relative Clauses<br>◆ Present perfect Simple<br>**Vocabulary**<br>◆ Techno-chauvinism (Adjectives & Nouns)<br>◆ Human vs Machine in Teaching<br>◆ House of the future<br>◆ Technology<br>**Pronunciation**<br>◆ Comparison: "-er", "-ier", "more", "less", "than", "as", "-est", "-iest", "most", "least"<br>◆ Strong & Weak forms of: "can, could, will, would."<br>◆ Word Stress | ◆ Be aware of the most significant differences b/w customs, usages, attitudes, values and beliefs prevalent in the community concerned and those of one's own.<br>◆ Make & respond to polite requests<br>◆ Act according to the conventions of posture, eye contact and distance from others while having a discussion or making a presentation |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

- Strong & Weak forms of "have" & "has"

### Orthography

Use accurate spelling and punctuation.

## Student Activities

### Reception

#### Reading

**Reading for information and argument**

- Understand explicitly or implicitly stated information and factual questions
- Identify & assess positive & negative points/differences between systems

**Reading instructions**

- Understand clearly expressed, straightforward instructions for a piece of equipment

#### Listening/viewing

**Understanding announcements and instructions**

- Understand simple technical information, such as operating instructions for everyday equipment.
- Identify key information from

### Interaction

**Conversation:**

- Express and respond to feelings such as surprise, happiness, sadness, interest and indifference.

**Information exchange:**

- Find out and pass on direct factual information about technology
- Obtain more detailed information.

**Using telecoms:**

- Use social media to have simple but extended conversations with people they know

**Co-operating**

- Invite others into a discussion on technology.
- Repeat back part of

### Production

#### Speaking

**Sustained monologue; putting a case**

- Give reasons for an opinion in conversation about technology
- Explain whether or not they approve of having human or robot teachers

**Sustained monologue; describing experience**

- Describe the tech-house of one's dream
- Talk about the advantages & disadvantages of technology.

#### Writing

**Creative Writing:**

- Write an e-mail about the importance of technology in our life

29. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

details in description

**Watching TV, film and video**

- Follow the video and catch the main points on technology as a subject

**Visual Literacy**

**Explaining data in speech**

- Describing in simple sentences the main points in different static visuals related to technology.

what someone has said to confirm mutual understanding and help keep the development of ideas

**Turn-taking**

- Initiate, maintain and close simple face-to-face discussions on technology

**Translation**

- Using Parallel translation in English and French
- Extracting information from English and French texts Comparing and contrasting concepts and grammar.

| | |
|---|---|
| Independent Learning | Study & Retain + More Practice on Linguistic Component & Interaction + More practice on Reading Comprehension & Writing (including Translation) |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>3.5. **End of Unit Task:** Give a presentation about a technological invention; showing its importance & necessity to man's life in the future. |

## Unit 4. Intelligence & growth

Unit focus: multiple intelligences, brain boosters, near-to-zero procrastination and a growth mindset are crucial to surviving and surmounting CPGE challenges.

Unit Learning Outcomes: students can compare multiple intelligences; talk about; the bad effects of procrastinating; and build up opinions with brief explanations on growth mindset.

4.1. Multiply Your intelligences 4.2. Feed Your Brain; 4.3. Procrastinate no more; 4.4. Cultivate a Growth Mindset.

| Target contents | | |
|---|---|---|
| | | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[32] |
|---|---|---|
| ◆ Talk about brain and intelligence.<br>◆ Use identifying and non-identifying clauses.<br>◆ Use vocabulary related to intelligence and memory.<br>◆ Talk about The mind and procrastination<br>◆ Compare and contrast parallel translations.<br>◆ Use word stress intelligibly.<br>◆ Use some mechanics accurately.<br>◆ Describe visuals on intelligence and memory.<br>◆ Discuss videos and talks about inborn potentials and study skills.<br>◆ Write about your procrastinating experiences. | **Grammar**<br>◆ Identifying clauses and non-identifying clauses.<br>**Vocabulary**<br>Vocabulary themed by:<br>◆ Multiple intelligences and brain boosts.<br>◆ Procrastination<br>◆ Growth mindset<br>**Pronunciation**<br>◆ Stress in words<br>**Orthography**<br>Accurate spelling and punctuation. | Act appropriately and politely<br>◆ Act according to the conventions of posture, eyes contact and distance from others while having a discussion or making a presentation |

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading for orientation**<br>◆ Assess the text's relevance<br>**Reading for information and** | **Conversation**<br>◆ Maintain a discussion though with difficulty on multiple intelligences | **Speaking**<br>**Sustained monologue; describing experience**<br>◆ Give detailed accounts of |

32. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

**argument**
- Understand most factual information

**Identifying cues and inferring**
- Predict text content from title
- Identify the meaning of unknown words

### Listening/viewing

**Understanding conversation between other people**
- Follow the main points of extended discussion

**Watching TV, film and video**
- Follow the video and catch the main points on media as a subject Visual Literacy

**Explaining data in speech**
- Describe in simple sentences the main points in different static visuals related to interpersonal issues.

and procrastination

**Information exchange**
- Find out and passing on straightforward factual information on brain boosts

**Co-operating**
- Invite others into those discussions.
- Repeat back part of what someone has said to confirm mutual understanding and help keep the development of ideas

**Turn-taking**
- Initiate, maintain and close simple face-to-face discussions on multiple intelligences and procrastination

experiences about multiple intelligences and procrastinating habits

**Sustained monologue; putting a case**
- Express opinions on multiple intelligences, brain boosts, procrastinating habits and a growth mindset
- Give brief explanations for those opinions.

### Writing

**Creative writing**
- Give an account of procrastination experiences

**Translation**
- Use Parallel translation in English and French
- Extract information from English and French texts
- Comparing and contrasting concepts and grammar.

| | |
|---|---|
| Independent Learning | Study & Retain + More Practice on Linguistic Component & Interaction + More practice on Reading Comprehension & Writing (including Translation) |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>4.5. **End of Unit Task:** Give a straightforward talk about learning styles, brain boosts, procrastinating habits or mindsets (fixed or growth). |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

# Unit 5. Going Green

Unit focus: protecting the environment needs society to go through a process dealing with educating citizens on reducing, reusing and recycling waste; providing them with alternatives to plastic use; and encouraging renewable energies in an attempt to come to grips with environmental issues and go green.

Unit Learning Outcomes: students can talk about environmental issues; obtain, report and use factual information; and express opinions, feelings and attitudes about environmental issues.

5.1. plastic in Paradise; 5.2. renewables in Morocco; 5.3. how Dare You! 5.4. stopping Pollution.

## Target contents

### Unit Contents

- Describe visuals about the environment.
- Use modals (have to, must and should)
- Discuss environmental issues, causes and solutions.
- Use phrasal verbs
- Talk about environmental challenges.
- Use real conditional.
- Ask and offer advice.
- Use and understand intelligible pronunciation
- Use some mechanics accurately.
- Describe your everyday experience of plastic use.

### Linguistic Component

#### Grammar

- Modals (have to, must and should)
- Phrasal verbs
- Future continuous
- Real vs unreal conditionals

#### Vocabulary

Vocabulary relating to:

- Water pollution;
- Renewable energies;
- Climate change; and
- Plastic use.

#### Pronunciation

Intelligible pronunciation.

#### Orthography

Accurate spelling and punctuation.

### Socio(cult & ling)[35]

- Raise awareness about the alarming situation of some polluted areas.
- Express one's point of view about the Moroccan experience concerning renewables.
- Ask and offer advice on how to deal with environmental problems.

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

## Student Activities

### Reception

#### Reading

**Reading for information and argument**

- Recognize significant points in a news article on pollution.

**Reading for orientation**

- Pick out important information about renewables in Morocco.

**Identifying cues and inferring**

- Predict text content from title and headings.

#### Listening/viewing

**Understanding as a member of a live audience**

- Understand specific information, ideas, opinions and attitudes on environmental issues

**Watching TV, film and video**

- Follow the video and catch the main points on media as a subject

#### Visual Literacy

**Explaining data in speech**

- Describe in simple sentences the main points in different static visuals related to interpersonal

### Interaction

**Information exchange**

- Obtain more detailed information.
- Offer advice on matters related to environmental issues.

**Co-operating**

- Invite others to give their views on the protection of the environment.
- Repeat back part of what someone has said to confirm mutual understanding and help keep the development of ideas

**Turn-taking**

- Initiate, maintain and close simple face-to-face discussions on plastic pollution and renewables in Morocco.

### Production

#### Speaking

**Sustained monologue; describing experience**

- Give a detailed account of solutions to environmental issues, describing feelings and reactions on the matter.
- Report straightforward factual information on environmental issues.

**Sustained monologue; describing experience**

- Express opinions on subjects relating to environmental issues

#### Writing

**Creative Writing**

- Give an account of your experience with daily plastic use

#### Translation

- Use parallel translation
- Comparing and contrasting grammatical structures and functional expressions.
- Extract information from English and French texts

35. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| issues. | | ◆ Comparing and contrasting concepts and grammar. |
| Independent Learning | Study & Retain + More Practice on Linguistic Component & Interaction + More practice on Reading Comprehension & Writing (including Translation) | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>5.5. **End of Unit Task:** Design and present an awareness-raising poster about recent developments in renewables (nationwide/worldwide) to help preserve the environment. | |

# B2 Scope and Sequence

## Unit 1. Education

Unit focus: reflect on tertiary education and the importance of soft skills to enhance adaptability and create opportunities of success.

Unit Learning Outcomes: students discuss the education system, the challenges and opportunities of college life as well as ponder the cruciality of soft skills.

| Target contents | | |
|---|---|---|
| **Unit Contents** | **Linguistic Component** | **Socio(cult & ling)**[38] |
| – Discuss the role and the challenges of tertiary education<br>– Become familiar with soft skills<br>– Use compound adjectives related to personality traits +word formation<br>– Expressions with verb take (take advantage of, take credit | **Grammar**<br>– Word formation using compound adjectives<br>– What-clause<br>– Modals for opinions and recommendations | Discuss the limitations of the college education system |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

for etc.)
- Be familiar with expressions used in polite interruption.
- Use what-clauses to write a thesis statement
- Write the introduction of an essay.

### Vocabulary

- Phrases for giving opinion, agreeing and disagreeing
- Adjectives related to character
- Expressions with verb take (take advantage of, take credit for etc.)
- Expressions used in polite interruptions. Pronunciation
- Confusing word pairs

## Student Activities

### Reception

#### Reading

**Reading for information:**

- Read with a large degree of independence, adapting style and speed of reading to different texts and purposes.
- Understand articles and reports concerned with contemporary problems, in which the writers adopt particular stances or viewpoints

#### Viewing

- Understand recordings in standard dialect likely to be encountered in social, professional, or academic life, and identify speaker viewpoints and attitudes.

### Interaction

- Students engage in extended conversation in an audially noisy environment.
- Students express views effectively in writing?
- Students Intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so.
- Students express themselves appropriately and

### Production

#### Speaking

- Sustained monologue: developing an argument systematically with appropriate points and relevant supporting details
- Giving information: can communicate detailed information reliably and politely

#### Writing

**Reports and essays:**

- Write the introduction of an essay.

38. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| – Discern the common beliefs and proposed alternatives. | avoid errors of formulation. | |
| Independent Learning | Self-study Guide / Study It Yourself<br>• The structure of an introduction<br>• Words and Phrases for giving opinion, agreeing and disagreeing<br>• Phrases for interrupting politely | |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Create a web post where you share ways and tips to improve and enrich the learning experience in CPGE. | |

## Unit 2. The Haves and the Have-nots

Unit focus: be fully aware of the issue of poverty as a global issue topping the list of SDGs 'priorities 2015-2030 and the endeavors to help solve it.

Unit Learning Outcomes: students can discuss the impact of individual and collective efforts in the fight against poverty worldwide and how business and engineering are key in that respect.

**Target contents**

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[41] |
|---|---|---|
| – Students discuss and comprehend the concept of inclusive development and the fight against poverty through social enterprise/business and innovative technological solutions worldwide.<br>– Use vocabulary related to global issues<br>– Use Future continuous and future perfect.<br>– Use connectives / transitional | **Grammar**<br>– Future continuous and future perfect<br>– Connectives/transition words and phrases<br>**Vocabulary**<br>– Vocabulary related to global issues and challenges. | Caring about the have-nots: discuss global awareness and citizenship. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| words and phrases of logic<br>– Use intonation in questions<br>– Plan an argument.<br>– Write the body paragraphs of an essay | **Pronunciation**<br>– Rising and falling intonation in questions | |

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading comprehension:**<br>– Understand an article concerned with contemporary problems in which stances or viewpoints are adopted<br>– Signal difference between facts and opinion<br>– Recognize different structures in a text.<br>**Listening/Viewing**<br>**Audio-visual comprehension:**<br>– Understand a clearly structured lecture<br>– Recognize the point of view expressed. | – Students express their ideas and opinions with precision.<br>– Students present orally to peers, using posters at a poster fair.<br>– Students express themselves appropriately and avoid errors of formulation.<br>– Students intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so.<br>– Students express views effectively in writing. | **Speaking**<br>**Sustained monologue:**<br>– Giving information and a clear and detailed description of a research poster at a poster fair [Groups].<br>**Writing**<br>**Reports and essays:**<br>– Write the body paragraphs of an essay |

| | |
|---|---|
| Independent Learning | **Self-study Guide**<br>• Product Design Process |
| Assessment | Evaluation & Remediation |

41. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

**End of Unit Task:** Write a letter to the Secretary General of the UN highlighting the active involvement of Morocco under the leadership of King Mohammed the Sixth in inclusive development and the fight against poverty.

## Unit 3. Technology matters

Unit focus: be conscious of the impact of technology on your privacy, family dynamics, social skills, and your community, and address these issues by conducting surveys, debating the findings in class and online.

Unit Learning Outcomes: understand the pros and cons of technology, discuss the issue of privacy and security and smart cities, describe charts and graphs, deliver a presentation using working expressions, then create an online survey and share the findings.

**Target contents**

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[44] |
|---|---|---|
| – Comprehend the impact of technology on your family and social skills.<br>– Discuss the issue of privacy vs. security.<br>– Comprehend concept of smart technology and smart cities.<br>– Understand cause and effect in writing.<br>– Use compound adjectives about technology.<br>– use phrases and Expressions in giving a presentation.<br>– Describe charts, graphs, tables and statistics.<br>– Use adverb intensifiers. | **Grammar**<br>– Express cause and effect in writing<br>– Use adverb intensifiers like so, extremely, etc.<br>**Vocabulary**<br>– Use compound adjectives about technology.<br>– Expressions used in giving a presentation.<br>– Expressions to describe charts, graphs, tables and statistics.<br>**Pronunciation**<br>– Intonation with intensifiers. | – Technology: strengthening or compromising interaction and social skills. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| – Write the conclusion of an essay. | | |

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading comprehension:**<br>– Understand articles concerned with technological issues in which stances or viewpoints are adopted.<br>– Signal difference between facts and opinions<br>**Listening**<br>**Oral comprehension:**<br>– Identify the main reasons for and against an argument or idea in a discussion conducted in a clear standard language.<br>**Viewing**<br>**Audio-visual comprehension:**<br>– Understand most TV news and current affairs programs and evaluate the pros and cons of modern conveniences. | – Students express their ideas and opinions with precision and express themselves appropriately and avoid errors of formulation.<br>– Students present orally to peers, using PowerPoint slides.<br>**Online discussion:**<br>– Participate actively in an online discussion, stating and responding to opinions on topics of interest at some length, provided contributors avoid unusual or complex language and allow time for responses.<br>**Turn-taking:**<br>– Intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so. | **Speaking**<br>**Oral production (In- class):**<br>– Debate and decide if you agree or disagree with a statement, giving arguments to support your position.<br>**Oral production (Webinar):**<br>– Give a clear, prepared presentation giving reasons in support of or against a technology issue, highlighting the advantages and disadvantages and impact on individuals and society.<br>**Writing**<br>**Essays and Reports:**<br>– Write the conclusion of an essay. |

44. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | |
|---|---|
| Independent Learning | Self-Study Guide<br>• Create Forms (Google Forms)<br>• Write about graphs, charts, and trends<br>• Expressions used in giving a presentation. |
| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** (Whole Class Task) Create an online survey (for example Google forms), where you ask your schoolmates, peers, friends, and different people of different age, about the pros and cons of the Internet of Things. Then share the survey findings in class. |

## Unit 4. Burning issues in Digital Media

Unit focus: most digital natives as well as digital immigrants are permanently online. It's everyone's responsibility to make navigating social media a safe, fruitful and civil experience.

Unit Learning Outcomes: students can identify and ponder the risks associated with digital interaction with a view to being more aware about it.

**Target contents**

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[47] |
|---|---|---|
| – Explore the issue of netiquette<br>– Talk about personal media diet.<br>– Reflect on online citizenship.<br>– Recognize the difference between facts and opinions<br>– Use modals of deduction and speculation.<br>– Write complex sentences using concession markers like although, despite<br>– Use collocations linked to digital media<br>– Ways to detect fake news and | **Grammar**<br>– Use the subjunctive<br>– Modals of deduction and speculation<br>– Write complex sentences using concession and contrast markers like although, despite...<br>**Vocabulary**<br>– Vocabulary to express truth or fiction (verify, fabricate)<br>– Collocations linked to digital media<br>– Idiomatic expressions about media | – Reflect on proper online behaviour<br>– Identify biased language |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

fact-check it
- Write an opinion essay (1)

**Pronunciation**
- Stress in longer idioms

## Student Activities

### Reception

**Reading**

**Reading comprehension:**
- Understand articles concerned with technological issues in which stances or viewpoints are adopted.
- Signal difference between facts and opinions.
- Recognize different structures in a text.

**Listening**

**Oral comprehension:**
- Recognize the point of view expressed.

**Listening/viewing**

**Audio-visual comprehension:**
- Understand most TV news and current affairs programs and evaluate the pros and cons of modern conveniences.

### Interaction

- Students express their ideas and opinions with precision and express themselves appropriately and avoid errors of formulation.
- Engage in an extended conversation.
- Intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so.

### Production

**Speaking**

**Oral production (Conversation):**
- Debate and decide if you agree or disagree with a statement, giving arguments to support your position for or against social media.

**Writing**

**Essays and Reports:**
- Write an opinion essay (1)

| | |
|---|---|
| Independent Learning | Self-Study Guide / Study It Yourself<br>• Create PowerPoint slides for educational use<br>• Use determiners and quantifiers |

47. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | |
|---|---|
| Assessment | • Co-ed vs. single-sex schools<br>Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Deliver a PowerPoint presentation about the status of women in Morocco in front of their CPGE schoolmates on a Study Day. |

## Unit 5. Gender as a Cultural Issue

Unit focus: be aware of intrinsic gender differences in local cultures and address the impact of globalization on gender roles.

Unit Learning Outcomes: discern and talk about gender differences in cultures, talk about the impact of globalization on gender roles, and write an opinion essay.

**Target contents**

| Unit Contents | Linguistic Component | Socio(cult & ling)[50] |
|---|---|---|
| – Talk about gender in different cultures<br>– Discern the difference between gender and sex<br>– The impact of globalization on gender roles<br>– Use high-frequency verb collocations<br>– Add emphasis with so ... that, such ... that, even, only<br>– Use even so and even then, to introduce a contrasting idea<br>– Use determiners and quantifiers<br>– Collocations related to gender<br>– Evaluate gender differences in language<br>– Give a clear and prepared PowerPoint presentation | **Grammar**<br>– Use high-frequency verb collocations<br>– Add emphasis with so ... that, such ... that, even, only<br>– Use even so and even then to introduce a contrasting idea<br>**Vocabulary**<br>– Collocations related to gender<br>– Expressions to present data using slides<br>**Pronunciation**<br>– Stress in expressions of contrast | – Discuss the impact of globalization and local cultures in defining gender roles |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | |
|---|---|---|
| – Write an opinion essay (2) | | |

## Student Activities

| Reception | Interaction | Production |
|---|---|---|
| **Reading**<br>**Reading comprehension:**<br>– Understand articles concerned with gender issues in which stances or viewpoints are adopted.<br>– Signal the difference between facts and opinion<br>**Listening**<br>**Oral comprehension:**<br>– Identify the main reasons for and against an argument or idea in a discussion conducted in a clear standard language.<br>**Viewing**<br>**Audio-visual comprehension:**<br>– Understand most TV news and current affairs programs and evaluate the pros and cons of modern conveniences. | – Students express their ideas and opinions with precision.<br>– Students present orally to peers, using posters at a poster fair.<br>– Students intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so.<br>– Address opposite viewpoints with tactfulness<br>– Students express views effectively in writing. | **Speaking**<br>**Oral production (Conversation):**<br>– Debate and decide if you agree or disagree with a statement, giving arguments to support your position on the impact of globalization in defining gender roles<br>**Oral production (Slides):**<br>– Give a clear, prepared presentation giving reasons in support of or against a gender issue.<br>**Writing**<br>**Essays and Reports:**<br>– Write an opinion essay (2) |

| | |
|---|---|
| Independent Learning | **Self-Study Guide / Study It Yourself**<br>• Create PowerPoint slides for educational use<br>• Use determiners and quantifiers<br>• Co-ed vs. single-sex schools |

50. Sociocultural & Sociolinguistic

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| Assessment | Evaluation & Remediation<br>**End of Unit Task:** Deliver a PowerPoint presentation about the status of women in Morocco in front of their CPGE schoolmates on a Study Day. |
|---|---|

# Course content for Trimester THREE: contents and skills

Below is a brief summary of the contents and skills that need to be covered in term 3 for first year students. In this part of the curriculum, students should explore a diverse range of thematic, non-academic, and linguistic contents and skills aimed at preparing them for the challenges of an interconnected world.

Through thematic contents focused on "Capacity building & skills development" and "Smart interconnected life," students would delve into the potential of the connected society and recent advancements in engineering. This exploration encompasses various topic areas such as soft skills for the 21st century, systems thinking tools, academia & research in digital societies, renewable energies, and discussions on plagiarism, ChatGPT, copyright, and fact-checking.

Additionally, students should develop essential non-academic skills critical for their academic and personal growth. These include honing critical thinking skills, fostering creativity, mastering study skills, and adopting affective strategies. These curriculum components emphasize the cultivation of investigative and research skills crucial for success in both the English class and the Technical and Engineering Preparation classes (TIPE).

As for the linguistic components of the curriculum, they focus on reading and writing skills. Students should engage in reading authentic texts centered on the theme of "Business in an

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

interconnected world," enhancing their ability to comprehend, analyze, and evaluate written information. Additionally, they will hone their writing skills, particularly in crafting argumentative essays, through a structured approach covering topic analysis, outlining, organization, drafting and revision.

As students progress through term 3, they should develop a comprehensive skill set essential for thriving in an interconnected society, equipped with the knowledge and abilities necessary for academic success and professional growth. In order to better prepare them for the different entrance exams "concours", the THREE levels of contents and skills should feature in each of the TWO-unit plans of term 3.

## 3 Thematic contents

Through the subthemes of "**Capacity building & skills development**" and "**Smart interconnected life**" students should by the end of term 3 become aware of the full potential of the connected society and explore recent developments in engineering.

Topic areas:

- soft skills for the 21st century;
- systems thinking tools
- academia & research in digital societies
- energy; renewable energies
- plagiarism, ChatGPT, copyright and fact check

## 4 Cognitive contents and skills

Students need to develop basic investigation/research skills they will be using in the English class and in the TIPE.

### 4.1. Critical thinking skills:

- evaluating evidence and alleged facts
- analyzing or evaluating actions
- making plausible inferences, predictions, or interpretations

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

- comparing and contrasting ideas with actual practice

4.2. Creative thinking:

- promote making connections and mind mapping
- help students to develop multidimensional perspectives

4.3. Study Skills:

- use the WWW to research information and assess credibility of reference sources
- develop research strategies (e.g. Observation, Experimentation, Inquiry and Drawing conclusions)
- carry out research project individually, in pairs or in small groups

4.4. Affective Strategies: Choose from the list of **Social and emotional** skills in the CPGE contents and skills document the strategies that align with the contents of the unit you have opted for.

## 5 Linguistic Contents and skills

5.1. Reading: Students should be able to read authentic texts on the theme of Business in an interconnected world. Depending on students' needs teachers may focus on some of the following subskills:

- understand explicitly or implicitly stated information and understand factual questions
- read and analyze texts to identify and explain organizational patterns.
- distinguish the topic sentence from supporting details
- discriminate between facts and opinions
- identify the writer's attitude or bias; identify the mood or the tone of the writer
- paraphrase, explain or summarize oral or written texts
- evaluate, assess, make judgments and justify standpoints
- synthesize, create new ideas, predict and draw conclusions
- process and evaluate information while reading

5.2. Viewing:

- dentify the speaker's purpose, attitude or organization of ideas & information.

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

- understand main ideas and supporting details, and draw conclusions from visual texts presented with spoken and / or written text

**5.3.** Writing: The writing subskills targeted should enable the students to write an argumentative essay in a reasonable period of time. By the end of term 3, the students should have developed knowledge and skills in the following: topic analysis, brainstorming; Outlining; Organizing content; Writing the body paragraphs; Writing the introduction & the conclusion; Editing the essay with the help of self-study checklists and writing the second draft.

**5.4.** As for translation and the language components, namely grammar and vocabulary, they should be appended to the expected learning outcomes of each unit. Schedule subskills that you have not covered yet and that you think would serve the purposes of the unit under study and would help the students achieve the unit goals.

## 6 Assessment and Evaluation

Assessment is an integral part of the learning and teaching process. It helps students to understand what they can do with English and what areas of the language they need to improve because of the backwash effect it offers for both students and teachers. "The Race to the Top (RTTT) Assessment" policy adopted in the CPGE has however imposed new roles on both teachers and students in order to maximise learning and at the same time abide by the principles of reliability, validity and fairness. In CPGE, students are tested at regular intervals to gauge their progress towards the set standards bearing in mind the administrative calendar. Throughout the whole year teachers generally administer two types of tests, namely written tests "Devoirs Surveillés" (DS) and oral ones (Colles). (c.f. Term assessment specifcations grid), together with a number of quizzes of different types. Students are also assessed by submitting a specific number of "Devoirs Libres" (DL). In the English department, they are referred to as independent work. CPGE students need also to be well-prepared for rigorous national and international examinations to gain admission to prestigious institutions. This preparation requires the coverage of all the course components, be they thematic, cognitive or linguistic.

At the cognitive level, students need to develop effective study skills, time management strategies, and test-taking techniques. Regular practice through mock exams and standardized test preparation materials can help students become familiar with the exam format and help them reduce anxiety. Additionally, understanding the specific requirements and expectations of each

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

examination, whether it is the TOEIC, SAT, TOEFL, or other entrance exams, allows students to tailor their study plans accordingly. Comprehensive preparation therefore ensures that students not only meet but exceed the academic standards required by top-tier institutions. This strategic approach to exam readiness enhances their chances of securing admission and scholarships to renowned universities in Morocco and abroad.

## 6.1 Types of Tests

**Placement test:** this type of test is often used at the beginning of a course in a language school in order to identify a student's level of language and find the best class for them.

**Diagnostic test:** this type of test is used to identify problems that students have with language or skills. The teacher tries to find out what language problems students have. It helps the teacher to plan what to teach in future.

**Proficiency test:** this type of test is used to see how good students are at using the language. The contents of this type of test are not chosen according to what has been taught, but according to what is needed for a particular purpose.

**Achievement test:** this type of test is used to see how well students have learned the language and skills taught in class. This test is designed to measure the students' language and skill progress in relation to the syllabus they have been following and they are often administered at the end of term or end of the year and test the main points of what has been taught in that time.

**Progress test:** this type of test is used during a course in order to assess the learning up to a particular point in the course.

## 6.2 Assessment for Learning

Students in CPGE are assessed in different contexts and for different purposes. "Formative assessment" is part of the learning process itself and looks to the future, rather than focusing exclusively on what has been achieved up to a given point in time." (p.408)[51]. Note that after a term period, students should take two written tests each of which is allotted two hours. The test should mirror what the students have learned and at the same time should broadly comply with the general format of the Common National Examinations which take place by the end of the two-year

51. Testing and Evaluation, in

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

period of the CPGE studies. These written tests should also serve as a platform for identifying and diagnosing areas of potential difficulties for which the teacher devises remedial tasks. It is advisable that students be informed in advance of the schedule of the test with a view to enabling them to prepare satisfactorily and to ensure that the test scheduling be worked out in coordination with other teachers of other subjects. The other major assessment component, (Colles), on the other side, targets some aspects of the Common National Examination and tests students on other language proficiency that are not covered by the DS. Note here that the 'Colle' sessions follow a well- structured and planned course, and are consistent with the binding themes of the year. They can also complement and reinforce what has been taught in the previous class sessions. Given the relatively larger amount of time available in these oral assessment sessions, special emphasis is therefore laid on communication and public speaking skills. This, however, does not exclude the possibility of giving students more practice in other skill-related areas. Teachers are required to provide the students with activities that allow them to use high-order thinking skills and further their practice in paraphrasing, commenting, arguing and debating. It is up to the teacher's discretion to choose from a variety of written or audio-visual material that goes in line with the course objectives. Students can even be given class or independent learning assignments, conduct small-scale projects or presentations.

## 6.3 Assessment of Learning

By the same token, DS is considered a formal assessment and used to measure what students have learned at the end of a cycle of teaching period, as explicited in table 3 below. So, they are generally administered at the end of a period of instruction and measure student achievement at the end of a unit / units of study. They usually help the students determine their learning priorities. Assessments are therefore, not just a formality but are designed to gauge students' understanding and mastery of the contents and skills covered during a period of instruction and they can be considered as an evaluation of curriculum effectiveness. Preparing for assessments helps develop valuable skills such as critical thinking, time management, and effective study habits, which are essential beyond their college years. Performing well in assessments can have a significant impact on students' academic and professional futures. Good grades can open doors to scholarships, internships, and job opportunities.

Rubrics and criteria for assessment are provided in the Table of Specification for both CNC and CNAEM examinations. Assessments are opportunities for growth and self-improvement and

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

ample support is available to help them succeed. Teachers offer the students resources and support for preparation. This includes study guides, practice tests, review sessions, and access to tutors (when using e-learning platforms). students to focus on the learning process rather than just the grades. After each assessment, students will receive detailed and constructive feedback. this feedback should be used as a tool for learning and not just criticism. students will be helped on how to use feedback to improve future performance.

The study skills component introduces students to stress management techniques that will help them to manage stress when they take the tests. It is of the utmost importance to maintain a healthy balance between study and relaxation. This helps them approach assessments with a calm and focused mindset. Students will receive more input on effective exam taking strategies form their teachers.

## 6.4 Summative Assessment

Summative assessment is used to measure students' learning outcomes at the end of a unit, term or a school year after the course has been completed. It is designed to determine how well students have understood and retained the course material. Summative assessments can take various forms, including exams, final projects, research papers, and standardized tests. The primary purpose of summative assessment is to provide a comprehensive evaluation of student achievement. This type of assessment helps teachers to determine if the educational goals and standards set for the course have been met and to what extent. It also provides valuable feedback for students, highlighting their strengths and areas needing improvement. Furthermore, summative assessments often contribute significantly to students' final grades, making them crucial for academic progression and credentialing.

## 6.5 Assessment Framework

| Type of test | Frequency | Time allotted | Weight | Proposed schedule |
|---|---|---|---|---|
| Written tests ( Continuous assessment ) | 2 tests per trimester | 2 hours per test | 50 percent of the total mark | 1 test after every 6 weeks of study |
| | | | | |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Oral tests (Colles) | 4 to 5 times a trimester | 10 to 12 mn. per student per session | 30 percent of the total mark | Following the proposed "colloscope" |
| Diligence and assignments | All through-out the trimester | 10 to 20 minutes per quiz | 20 percent of the total mark | All through- out the trimester |

Table 3: term assessment specifications

### 6.5.1. Table of Specification for CNC and CNAEM

Subject: eNGLISH . . . . . Stream: . . . . . Grading Period: term 1 . . . . . School Year: 2024- 2025

**The Hierarchy of Cognitive Skills: from Knowledge Recall to Creative Synthesis**

| Cognitive Level | Cognitive skills governing the cognitive level |
|---|---|
| 20% | 1. remember Knowledge: recall or retrieve previously learned information. |
| | 2. understand Comprehension: grasp the meaning of information, interpret, and explain ideas. |
| 20% | 3. application: use knowledge and concepts in new situations or contexts. |
| 20% | 4. analysis: break down information into components, examine relationships, & identify patterns. |
| 20% | 5. evaluation: make judgments based on criteria; assess the value or validity of ideas. |
| 20% | 6. synthesis: generate new ideas, products, or interpretations. |

**Command Terms used**

| | |
|---|---|
| **List, define, identify** | recall, memorize |
| **Summarize, explain, describe** | infer, interpret |
| **Demonstrate, use, illustrate** | apply, solve |
| **Analyze, compare, contrast** | differentiate, categorize |
| **Evaluate, assess, justify** | defend, critique |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | |
|---|---|
| **Create, design, formulate** | compose, invent |

## Educational Goals: aligning Content, Objectives, and Cognitive Levels

| Sub-Content Area | Learning Objectives |
|---|---|
| **Content Area: critical Reading** | |
| Informational Texts | ■ Extract and summarize key information from an article.<br>■ Break down information into components, examine relationships, & identify patterns.<br>■ Evaluate the credibility of sources in an informational text. |
| Descriptive | ■ Identify the writer's attitude, mood, or tone in the text. |
| Expository | ■ Understand the macrostructure of texts and extract relevant information |
| Argumentative or Persuasive | ■ Use knowledge and concepts in new situations or contexts. |
| Business & Technical Reports | ■ Is familiar with the structure, mechanics and format of a technical report<br>■ Can detect the tone, purpose & key information in the report |
| Literary Analysis | ■ Analyze and interpret symbolism in a given passage.<br>■ Identify themes and literary devices in a short story. |
| **Content Area: commentary** | |
| Commenting on a quote or a picture | ■ **analyze** and **Interpret** specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in **visual** texts<br>■ Interpret specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in written texts<br>■ Make logical **inferences** & **draw conclusions** from **visual** texts: ability to understand and interpret the meaning of the quote or image considering underlying messages or themes.<br>■ Recognize and comment on the **symbolic meaning** conveyed by **visual elements**<br>■ Make **judgments** based on **criteria**; assess the value or **validity** of ideas. |

Introduction
Linguistic and Cognitive contents
Course content for Trimesters ONE and TWO
A2 Scope and sequence
B1 Scope and Sequence
B2 Scope and Sequence
Course content for Trimester THREE: contents and skills
Thematic contents
Cognitive contents and skills
Linguistic Contents and skills
Assessment and Evaluation

| | |
|---|---|
| | Verifying the **accuracy** of information<br>■ Considering **Perspectives**: demonstrate empathy by considering different interpretations or reactions<br>■ Using an appropriate and respectful **tone**<br>■ **Tailor comments** to the specific **audience** and **platform** |
| **Content Area: translation** | |
| Theme/ Version | ■ Display familiarity with **translation tools**<br>■ Display sensitivity and awareness to the **lexical** and **syntactic** systems of both **English** and **French**<br>■ Transfer of **cultural** or **functional** content<br>■ Ability to **adapt** the writing **style** to match the **tone** and **style** of the original text<br>■ Ability to solve translation challenges, such as finding **equivalent expressions, dealing with ambiguity**, & addressing **cultural gaps**<br>■ Preserve the author's **voice/ intention** in the translated text. |
| Theme | ■ **Theme**: creatively **adapt** the **content** while preserving the essence of the original.<br>■ **Theme**: display a **deep understanding** of the **theme** or topic being addressed in the composition. |
| **Content Area: writing Skills** | |
| Argumentative Essay | 1. construct **logical and coherent arguments.**<br>2. provide **evidence** for claims and **rationale** for paper<br>3. formulate a clear and concise **thesis** statement that reflects the main argument.<br>4. address **opposing viewpoints** to strengthen the overall argument and provide evidence and reasoning to refute counterarguments.<br>5. **Persuasive**: write a persuasive essay with a clear thesis statement and supporting evidence.<br>6. **Persuasive**: utilize persuasive language, rhetoric, and literary devices. |
| Synthesis Essay | 7. **Source Integration**: properly cite sources using the appropriate citation style. |

| | |
|---|---|
| | 8. **Generate** new ideas, products, or interpretations based on different sources.<br>9. **Identifying Patterns**: recognize patterns, themes, or commonalities across different sources.<br>10. **Theme Development**: establishing a central theme that connects the various sources.<br>11. Develop a clear **thesis** that synthesizes information from different sources.<br>12. **Blending** ideas from different sources into a cohesive and unified piece.<br>13. ensure smooth **transitions** between different sources and ideas.<br>14. provide **original analysis** and interpretation of the synthesized information.<br>15. demonstrate a **deep understanding of the topic** beyond a mere summary of sources. |
| Text Organisation | 16. demonstrate proper use of **transitions & sentence structure**. |
| Grammar and Editing | 17. identify and correct errors in grammar and punctuation. |