Royaume du Maroc

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

Classes Préparatoires aux Grandes Écoles

Programmes de la première année TSI

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*

Préambule

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

Première période *page 10*

ÉLéments de logique

Nombres complexes

Compléments de calcul algébrique

Sommes et produits de nombres complexes ◆ Systèmes linéaires en petite dimension

Géométrie élémentaire

Cas du plan ◆ Cas de l'espace

Nombres et suites réels

Nombres réels ◆ Suites numériques

Fonctions de la variable réelle

Généralités sur les fonctions ◆ Limites et continuité ◆ Dérivation ◆ Suites récurrentes ◆ Généralités sur l'étude d'une fonction ◆ Fonctions usuelles ◆ Fonctions convexes

Primitives et équations différentielles
Calcul de primitives ◆ Équations différentielles linéaires

Calcul matriciel

Deuxième période *page 40*

Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Généralités sur les applications linéaires ◆ Applications linéaires et dimension finie

Représentations matricielles
Matrice d'une application linéaire dans des bases ◆ Application linéaire canoniquement associée à une matrice ◆ Retour sur les systèmes linéaires ◆ Changements de bases

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

Physique *page 66*

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 72*

Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Mesures et incertitudes ◆ Prévention du risque au laboratoire de physique et de chimie ◆ Thèmes de travaux pratiques et objectifs ◆ Compte-rendu

Contenus thématiques *page 86*

Électronique
Lois générales dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaire ◆ Éléments

de circuits linéaires en régime continu ou quasistationnaires ◆ 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 ◆ Oscillateur linéaire à un degré de liberté ◆ Théorème du moment cinétique ◆ Mouvements dans un champs de forces centrales conservatives ◆ Dynamique dans un référentiel non galiléen

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 ◆ Étude des machines thermiques

Électromagnétisme

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

ANNEXES *page 121*

Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Chimie *page 130*

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 137*

Objectifs de la formation expérimentale

Organisation de la formation expérimentale

Mesures et incertitudes ◆ Prévention du risque au laboratoire de physique et de chimie ◆ Thèmes de travaux pratiques et objectifs ◆ Compte-rendu

Contenus thématiques *page 148*

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

Évolution temporelle d'un système chimique

Relations entre la structure et les propriétés physiques

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

Structure microscopiques et organisation de la matière solide

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

ANNEXES *page 166*

Liste de matériel de chimie

Outils mathématiques pour la chimie

Outils numériques pour la chimie

Sciences industrielles pour l'ingénieur/Génie Électrique *page 171*

Préambule

PRESENTATION

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

Premier trimestre *page 177*

Ingénierie système

Diagrammes d'Ingénierie Système – SysML

Chaîne de puissance

Alimenter en énergie et stocker l'énergie ◆ Conversion électromécanique : machine à courant continu ◆ Conversion continu-continu : les hacheurs

Deuxième trimestre *page 180*

Automatique et modélisation :

Introduction à l'asservissement : ◆ Analyse et identification des systèmes asservis :

Chaîne d'information

Capteurs et détecteurs ◆ Amplificateurs linéaires intégrés

Troisième trimestre *page 183*

Filtres électriques (P)

Convertisseurs CAN et CNA

ANNEXES *page 185*

Ingénierie numérique et informatique

Compétence « Expérimenter »

Compétence « Réaliser »

Sciences industrielles pour l'ingénieur/Génie Mécanique *page 189*

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 196*

Analyse fonctionnelle et structurelle

Analyse fonctionnelle ◆ Analyse structurelle ◆ Chaînes d'information et de puissance ◆ Définir les écarts

Représentation des produits

Modélisation cinématique des systèmes ◆ Représentation géométrique du réel

Chaîne de puissance

Alimenter en énergie et stocker l'énergie ◆ Distribuer l'énergie ◆ Convertir l'énergie

Deuxième trimestre *page 201*

Comportement des systèmes

Cinématique des solides et des systèmes ◆ Modélisation des actions mécaniques ◆ Statique des solides et des systèmes ◆ Liaisons équivalentes ◆ Mobilités et hyperstatisme d'un modèle de mécanisme

Adéquation produits-matériaux-procédés

Procédés d'obtention des pièces mécaniques ◆ Familles des matériaux

Transmettre l'énergie

Liaisons mécaniques ◆ Transmission d'énergie mécanique ◆ Spécification dimensionnelles (Ajustement)

Annexes *page 207*

Compétence «Expérimenter»

Compétence «Réaliser»

Informatique *page 210*

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 215*

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 222*

Bibliothèques mathématiques

Introduction au traitement d'images
Ingénierie numérique

Culture Arabe et Traduction *page 226*

Renforcement des compétences linguistiques *page 228*

Programme du niveau A2

Unité 1.1 Langue française 229
Unité 1.2 Études et loisirs 230
Unité 1.3 Culture 231
Unité 1.4 Travail 232
Unité 1.5 Science 233

Programme du niveau B1S

Unité 2.1 Société 234
Unité 2.2 Médias 235
Unité 2.3 Littérature 237
Unité 2.4 Philosophie 238
Unité 2.5 Avenir 238

Programme du niveau B2S

Unité 3.1 Langues 240
Unité 3.2 Art 241
Unité 3.3 Science 242
Unité 3.4 Démocratie 243
Unité 3.5 Éducation 244

Programme du niveau C1

Unité 4.1 Ville 246
Unité 4.2 Féminisme 246
Unité 4.3 Littérature et cinéma 247
Unité 4.4 Médias 247
Unité 4.5 Numérique 248
Unité 4.6 Consommation 249
Unité 4.7 Alimentation 249
Unité 4.8 Santé 250

Unité 4.9 Économie 250
Unité 4.10 Tourisme 251

Culture arabe et traduction *page 252*

Français *page 253*

Renforcement des compétences linguistiques *page 254*

Programme du niveau A2

Unité 1.1 Langue française 255
Unité 1.2 Études et loisirs 256
Unité 1.3 Culture 257
Unité 1.4 Travail 258
Unité 1.5 Science 259

Programme du niveau B1S

Unité 2.1 Société 260
Unité 2.2 Médias 261
Unité 2.3 Littérature 262
Unité 2.4 Philosophie 263
Unité 2.5 Avenir 264

Programme du niveau B2S

Unité 3.1 Langues 265
Unité 3.2 Art 266
Unité 3.3 Science 268
Unité 3.4 Démocratie 269
Unité 3.5 Éducation 270

Programme du niveau C1

Unité 4.1 Ville 271
Unité 4.2 Féminisme 272
Unité 4.3 Littérature et cinéma 272
Unité 4.4 Médias 273
Unité 4.5 Numérique 273
Unité 4.6 Consommation 274
Unité 4.7 Alimentation 275

Unité 4.8 Santé 275
Unité 4.9 Économie 276
Unité 4.10 Tourisme 276

Étude des oeuvres et méthodologie *page 278*

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 283*

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 292*

A2 Scope and sequence

Unit 1 My College 301
Unit 2 Now and Then 303
Unit 3 Entertainment 305
Unit 4 Media and Fact Check 307
Unit 5 Achievements and Prospects 309

B1 Scope and Sequence

Unit 1 Intergenerational Issues 311
Unit 2 Media & Society 313
Unit 3 Technology 316
Unit 4 Intelligence & growth 318
Unit 5 Going Green 321

B2 Scope and Sequence

Unit 1 Education 323
Unit 2 The Haves and the Have-nots 325
Unit 3 Technology matters 327
Unit 4 Burning issues in Digital Media 329
Unit 5 Gender as a Cultural Issue 331

Course content for Trimester THREE: contents and skills *page 333*

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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

Mathématiques

1 Préambule

Les programmes de mathématiques des classes préparatoires technologiques TSI 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.

1.1 Objectifs généraux de formation

L'enseignement des mathématiques dans la filière Technologie et Sciences Industrielles (TSI) a pour vocation d'apporter aux élèves les connaissances fondamentales et les savoir-faire indispensables à la formation générale des scientifiques et des technologues, qu'ils soient ingénieurs, enseignants ou chercheurs. Ce qui leur permet d'acquérir les compétences nécessaires pour identifier les situations auxquelles ils sont confrontés, dégager les meilleures stratégies pour y faire face, prendre avec un recul suffisant des décisions dans un contexte complexe. Cet enseignement 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 ;

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

- le développement de l'initiative, de l'autonomie et des capacités d'expression et de communication.

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.

La réflexion sur les concepts et les méthodes, la pratique du raisonnement et de la démarche mathématique constituent des objectifs majeurs. Les élèves doivent connaître les définitions, les énoncés complets des théorèmes figurant au programme ainsi que les démonstrations exigibles et savoir mobiliser leurs connaissances pour l'étude de problèmes. 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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) 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.

Une vision géométrique des problèmes imprègne l'ensemble du programme de mathématiques car les méthodes de la géométrie et les apports de son langage (figures, représentations graphiques, interprétations géométriques etc.) jouent un rôle capital en algèbre, en analyse et dans leurs domaines d'intervention. Dans ce cadre, 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.

1.2 Organisation du texte du programme

Le programme de la classe de première année TSI 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

professeur au cours de chaque période doit respecter les objectifs de l'enseignement dispensé au cours de cette période.

1.3 Contenu du programme

Le programme s'en tient à un cadre et à un vocabulaire théorique bien délimités, mais suffisamment efficaces pour l'étude de situations usuelles, et assez riches pour servir de support à une formation solide. Il propose des contenus équilibrés d'algèbre, d'analyse et de géométrie, auxquels s'ajoute un enseignement de probabilités visant à consolider les notions étudiées au lycée. Les probabilités permettent de développer des aptitudes au raisonnement et à la modélisation, d'établir des ponts avec les autres disciplines.

Le programme encourage la démarche algorithmique et le recours à l'outil informatique (calculatrices, logiciels). Il identifie un certain nombre d'algorithmes qui doivent être connus et pratiqués par les élèves. Ceux-ci doivent également savoir utiliser les fonctionnalités graphiques des calculatrices et des logiciels.

La géométrie, en tant qu'outil de modélisation et de représentation, est intégrée à l'ensemble du programme, qui préconise le recours à des figures pour aborder l'algèbre linéaire et les fonctions de variable réelle.

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 la géométrie du plan et de l'espace. 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 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, algèbrique et numérique.

Il est important de souligner le caractère général des méthodes linéaires, notamment à travers leurs interventions en analyse et en géométrie. De même l'importance de la géométrie 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, de la géomètrie euclidiens et des fonctions d'une variable réelle.

Le programme d'analyse est centré autour des concepts fondamentaux de suite et de fonction.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 fonctions. Pour l'étude des solutions des équations, le programme allie les problèmes d'existence et d'unicité, les méthodes de calcul exact et les méthodes d'approximation. Les équations différentielles sont au coeur des activités de modélisation pour les sciences physiques et les sciences industrielles de l'ingénieur.

L'enseignement des probabilités se place dans le cadre des univers finis. Il permet d'illustrer certains résultats d'analyse et justifient l'introduction du vocabulaire ensembliste. La notion de variable aléatoire y est étudiée et permet d'aborder des situations réelles nécessitant une modélisation probabiliste.

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 ainsi que les notions de dimension et de rang en algèbre linéaire. 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 ou d'une fonction ;
- à la résolution des équations différentielles linéaires scalaires ;
- au calcul matriciel et à la résolution des systèmes linéaires ;
- 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 œuvre 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

1.4 Organisation temporelle de la formation

Le programme de la classe de première année TSI 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 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 technologique, 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.

1.5 Recommandations pédagogiques pour le choix d'une progression

Ce programme propose divers types d'activités dont les unes mettent en œuvre des techniques classiques et bien délimitées qui doivent être maîtrisées par les élèves, les autres visent à développer un savoir-faire ou à illustrer une idée, et avec lesquelles les élèves doivent acquérir une certaine familiarité. Les travaux dirigés sont le moment privilégié de la mise en oeuvre, et de la prise en main de ces techniques classiques dont la maîtrise s'acquiert notamment grâce à des exercices et à des problèmes que les élèves doivent in fine être capables de résoudre par eux-mêmes.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Les développements formels ou trop abstraits doivent être évités. Une place importante doit être faite aux applications, exercices, problèmes, en relation chaque fois que cela est possible avec les enseignements des sciences physique, des sciences industrielles et d'informatique. Il faut éviter autant les situations artificielles que les exercices de pure virtuosité technique.

Les interactions entre les différentes parties du programme sont fortes et méritent d'être soulignées, de même que les liens avec d'autres disciplines, permettant ainsi de mettre en évidence la spécificité et la valeur de la démarche mathématique. Quelques repères historiques, permettant d'analyser l'interaction entre les problèmes mathématiques et la construction des concepts, pourront être fournis aux élèves pour mettre en valeur la dimension et le contenu culturels des mathématiques avec Python.

L'évolution des matériels et logiciels conduit à renforcer la partie réservée à l'algorithmique. En effet, ces moyens de calcul permettent aux mathématiques de disposer d'un lien vivant à l'expérimentation. Ainsi, on présentera de préférence, lorsque cela est possible, des méthodes constructives accompagnées de la description d'un algorithme plutôt que des démonstrations d'existence ou de convergence démunies de procédé de construction. La présentation des algorithmes s'entend sur deux niveaux. D'une part, ils peuvent être présentés sous une forme logique abrégée, sans référence obligatoire à un langage informatique particulier. D'autre part, ils sont destinés à être mis en œuvre sur machine à l'occasion des heures passées en salle d'informatique sous forme de travaux pratiques de mathématiques avec Python.

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.

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. De même et afin de faciliter l'organisation du travail des élèves et de montrer l'intérêt des notions étudiées, il convient d'en aborder l'enseignement en coordination avec les disciplines scientifiques et technologiques.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Le professeur choisit ses méthodes et ses problématiques enprivilégiant 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, ...). En effet, l'acquisition des connaissances et le développement des capacités et des compétences sont d'autant plus efficaces 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. »)

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Première période

1 Vocabulaire ensembliste et méthodes de raisonnement

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, qui trouvent naturellement leur place dans les autres sections, 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 ;*

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

- *reconnaître et utiliser des types de raisonnement spécifiques : raisonnement par contraposée, 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. Toute partie majorée non vide de $\mathbb{N}$ admet un plus grand élément.	On ne construit pas $\mathbb{N}$, on rappelle et on utilise ses propriétés.
Raisonnements par récurrence (simple, double).	Les connaissances des élèves sur les suites arithmétiques ou géométriques et les calculs de sommes pourront servir de premier support d'étude, la mise en oeuvre d'un raisonnement par récurrence trouvant progressivement sa place dans des situations variées du programme.
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,	Notation $A \setminus B$ pour la différence et $E \setminus A$ ou $\overline{A}$ ou

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

intersection, différence, passage au complémentaire. Recouvrement disjoint, partition d'un ensemble. Produit cartésien d'un nombre fini d'ensembles.	C_E^A ou A^c pour le complémentaire d'une partie A de E.
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. Notations $\mathcal{F}(E,F)$ et F^E. 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 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 de $\mathbb{C}$ 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.*

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
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.	Interprétation géométrique du conjugué. 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 $\lvert z\rvert^2 = z\bar{z}$. Module d'un produit, d'un quotient. Inégalité triangulaire, cas d'égalité.	Interprétation géométrique de $\lvert z - z'\rvert$, 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 particuliers 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
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. Arguments. Arguments d'un produit, d'un quotient. Coordonnées polaires.	Interprétation géométrique de la multiplication d'un complexe par $e^{i\theta}$. Relation de congruence modulo 2π 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 $\dfrac{c-a}{b-a}$, $a, b, c \in \mathbb{C}$ 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.	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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

3 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.

3.1 Sommes et produits de nombres complexes

L'objectif est ici de faire acquérir aux élèves une aisance dans la manipulation des symboles $\sum$ et $\prod$ sur des exemples de difficulté raisonnable.

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 $\mathbb{N}^2$.
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 $\sum_{k=0}^{n} q^k$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 $p < 0$ 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.

3.2 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 $i \neq j$.

4 Géométrie élémentaire du plan et de l'espace

À l'issue de la classe terminale, les élèves connaissent « le plan géométrique » euclidien et « l'espace géométrique » euclidien (de dimenstion 3) en tant qu'ensembles de points. Ils connaissent en particulier la façon d'associer à deux points A et B le vecteur $\overrightarrow{AB}$ ainsi que les propriétés opératoires usuelles des vecteurs. Il s'agit de leur faire constater que l'ensemble des vecteurs du plan (resp. de l'espace) est muni d'une structure de plan vectoriel (resp. d'espace vectoriel de dimension 3) en l'identifiant à $\mathbb{R}^2$ ou $\mathbb{C}$ (resp. à $\mathbb{R}^3$) par la donnée d'une base orthonormale. Toute théorie générale sur la notion

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

d'espace vectoriel est exclue à ce stade.

Dans le plan et l'espace, les notions suivantes sont supposées connues : calcul vectoriel, distance euclidienne, orthogonalité, repère orthonormal, angles.

La géométrie joue un rôle essentiel en mathématiques et dans les disciplines scientifiques et technologiques. Elle est au coeur des compétences de modélisation et de représentation. Cette section doit être traitée en liaison avec les autres disciplines. Dans ce cadre, il est recommandé d'aborder les notions de repérage et de produit vectoriel dans l'espace en concertation avec les professeurs des disciplines scientifiques et technologiques.

4.1 Cas du plan

Les notion d'orientation du plan et celle de base orthonormale directe sont admises.

Repère cartésien du plan, coordonnées cartésiennes.	On peut, à cette occasion, introduire le vocabulaire relatif à l'algèbre linéaire : famille libre, famille liée, vecteurs linéairement indépendants, vecteurs colinéaires.
Repère orthonormal (orthonormé), orthonormal direct, changement de repère.	(e_1, e_2) étant la base canonique de $\mathbb{R}^2$ et $\theta \in \mathbb{R}$, repère polaire $\left(\vec{u}(\theta), \vec{v}(\theta)\right)$ du plan euclidien $\mathbb{R}^2$ défini par : $\vec{u}(\theta) = (\cos\theta)e_1 + (\sin\theta)e_2$ et $\vec{v}(\theta) = -(\sin\theta)e_1 + (\cos\theta)e_2$.
Coordonnées polaires d'un point du plan supposé muni d'un repère orthonormé.	Les élèves doivent maîtriser le passage des coordonnées polaires aux coordonnées cartésiennes.
Systèmes de points pondérés et barycentre d'un système de points pondérés.	Construction du barycentre d'un système d'au plus 4 points du plan.
Coordonnées du barycentre dans un repère du plan.	Illustration pour le cas de l'isobarycentre de deux ou trois points.
Définition géométrique du produit scalaire. Interprétation en termes de projection orthogonale.	$\vec{u}.\vec{v} = \|\vec{u}\| \, \|\vec{v}\| \cos(\vec{u}, \vec{v})$ si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont non nuls et $\vec{u}.\vec{v} = 0$ sinon.
Bilinéarité, symétrie du produit scalaire. Expression dans une base orthonormale directe. Orthogo-	Les élèves doivent être capables de déterminer une mesure d'un angle non orienté.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

nalité de deux vecteurs. Définition géométrique du déterminant de deux vecteurs dans une base orthonormée directe. Bilinéarité, antisymétrie. Caractérisation de la colinéarité de deux vecteurs.	Notations $[\vec{u},\vec{v}]$ ou $\det(\vec{u},\vec{v})$. Si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont non nuls, $[\vec{u},\vec{v}] = \|\vec{u}\|\,\|\vec{v}\|\sin(\vec{u},\vec{v})$, sinon $[\vec{u},\vec{v}] = 0$. Interprétation du déterminant en termes d'aire orienté (ou algébrique) d'un parallélogramme ; interprétation de sa valeur absolue en termes d'aire géométrique.
Droite ; vecteur directeur ; vecteur normal ; équation cartésienne et système d'équations paramétriques.	Intersection de deux droites ; projeté orthogonal d'un point sur une droite ; distance d'un point à une droite.
Cercle, équation cartésienne, représentation paramétrique.	Les élèves doivent être capables de donner une équation d'un cercle à partir de son centre et de son rayon ou connaissant un diamètre, et de déterminer le centre et le rayon d'un cercle à partir d'une équation.
Transformations affines du plan : translation, rotation, homothétie, réflexion.	Les élèves doivent connaître divers modes de représentation de ces transformations : modes géométrique et analytique.

4.2 Cas de l'espace

Dans cette sous section, on adapte à l'espace les notions étudiées dans le cas du plan. L'étude de ce contenu mathématique nouveau s'appuie de façon essentielle sur les acquis des élèves en géométrie plane et sur l'intuition géométrique qu'ils ont développé dans les autres disciplines.

La notion d'orientation de l'espace et celle de base orthonormale directe sont admises ; la notion d'orientation de l'espace repose sur les conventions physiques usuelles.

Repère cartésien de l'espace, coordonnées cartésiennes.	On peut, à cette occasion, introduire le vocabulaire relatif à l'algèbre linéaire : famille libre, famille liée, vecteurs linéairement indépendants, vecteurs colinéaires, vecteurs copla-

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

	naires.
Repère orthonormal (orthonormé), orthonormal direct, changement de repère.	
Définition géométrique du produit scalaire. Bilinéarité, symétrie.	Expression dans une base orthonormale.
Définition géométrique du produit vectoriel.	Notations $\vec{u} \wedge \vec{v}$ ou $\vec{u} \times \vec{v}$. Si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont non colinéaires, $\vec{u} \wedge \vec{v}$ est le vecteur de norme $\|\vec{u}\| \, \|\vec{v}\| \, \lvert \sin(\vec{u}, \vec{v}) \rvert$ directement orthogonal à $(\vec{u}, \vec{v})$; sinon $\vec{u} \wedge \vec{v} = \vec{0}$.
Bilinéarité ; antisymétrie du produit vectoriel ; expression dans une base orthonormale directe.	Les élèves doivent être capables de déterminer si deux vecteurs sont colinéaire.
Produit mixte (ou déterminant dans une b.o.n.d.) de trois vecteurs. Interprétation de $[\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}]$ comme volume du parallélépipède construitsur les evcteurs $\vec{u}$, $\vec{v}$ et $\vec{w}$.	Notation $[\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}]$. $[\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}] = (\vec{u} \wedge \vec{v}).\vec{w}$. Les élèves doivent être capables de déterminer si trois vecteurs sont coplanaires.
Trilinéarité, antisymétrie. Développement du déterminant selon la troisième colonne, en lien avec la définition.	Expression du produit mixte dans une base orthonormale directe.
Plan de l'espace : définition par un point et deux vecteurs non colinéaires, un point et un vecteur normal ou trois points non alignés.	Équation cartésienne, système d'équations paramétriques.
Droites de l'espace : définition par un point et un vecteur directeur, par deux points distincts ou comme intersection de deux plans.	Obtention d'un vecteur directeur d'une droite définie comme intersection de deux plans. Détermination d'un système d'équations cartésiennes ou d'un système d'équations paramétriques d'une droite.
Projeté orthogonal d'un point sur une droite ou un plan. Distance d'un tel point à un plan ou une droite.	
Sphère, équation cartésienne en repère orthonormé. Intersection d'une sphère et d'un plan.	Les élèves doivent être capables de donner une équation d'une sphère à partir de son centre et de son rayon, et de déterminer le centre et le rayon d'une sphère à partir d'une équation.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

5 Nombres réels et suites numériques

Cette section pose les fondements du programme d'analyse en TSI. L'objectif est d'énoncer les propriétés fondamentales de la droite réelle, et de les appliquer à l'étude des suites, qui interviennent en mathématiques tant pour leur intérêt pratique (modélisation de phénomènes discrets) que théorique (approximations de nombres réels).

5.1 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.

Nombre entiers relatifs, rationnels, réels, irrationnels.	
$\mathbb{R}$ est un corps commutatif totalement ordonnée. Exemples de majoration et de minoration de sommes, de produits et de quotients. Utilisation de factorisations et de tableaux de signes. Résolution d'inéquations.	On vérifie les propriétés lui conférant une structure de corps, mais la définition axiomatique des corps et la construction de $\mathbb{R}$ sont hors programme.
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 (maximum), plus petit élément (minimum) d'une partie non vide (sous réserve d'existence).	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.	Toute partie majorée (resp. minorée) non vide de $\mathbb{R}$ admet une borne supérieure (resp. inférieure). Résultat admis.

5.2 Suites numériques

Cette sous section 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).

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.
Opérations sur les suites.	Combinaison linéaire, produit, quotient.
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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.	Intérêt algorithmique de cette notion pour la résolution approchée par dichotomie d'une équation du type $f(x) = 0$.
Suite extraite. Si une suite possède une limite, toutes ses suites extraites possèdent la même limite. Si (u_{2n}) et (u_{2n+1}) tendent vers l, alors (u_n) tend vers l.	Utilisation pour montrer la divergence d'une suite.
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).
Cas des suites complexes : brève extension des définitions et résultats précédents.	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.	Pour les suites $(u_n)_n$ vérifiant une relation de récurrence linéaire homogène d'ordre 2 du type $u_{n+2} =$

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Cas complexe, cas réel.	$\alpha u_{n+1} + \beta u_n$, 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 α et β sont réels, description des solutions réelles.

6 Fonctions de la variable réelle, limites et continuité

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 ε et des η. 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.

6.1 Généralités sur les fonctions

Ensemble de définition. Représentation graphique d'une fonction f à valeurs réelles.	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 $g \circ f$, $\max(f,g)$, $\min(f,g)$. 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.	

6.2 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 $l = f(a)$.	
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. Opé-	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

rations 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.
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.

6.3 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,*

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

périodicité, domaine d'étude, sens de variations, recherche d'extremums et obtention d'inégalités, tracé du graphe et dérmination 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. Caractérisation : une fonction f est dérivable en a si, et seulement si, elle admet un développement limité à l'ordre 1 en a. Dans ce cas, $f(a+h) = f(a) + f'(a)h + h\,\varepsilon(h)$, où $\varepsilon(h) \underset{h\to 0}{\longrightarrow} 0$.	Définition par le taux d'accroissement.
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 extrémum 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.	
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.	
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.

6.4 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.

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) $\lvert f(x) - f(a)\rvert \leqslant k\lvert x - a\rvert$ où $0 \leqslant k < 1$, ou du type (quadratique) $\lvert f(x) - f(a)\rvert \leqslant \lambda\lvert x - a\rvert^2$, $\lambda > 0$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Intervalle stable par une fonction, point fixe d'une fonction. 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.	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. Algorithme de recherche du point fixe pour une fonction contractante ; mise en pratique de la méthode de NEWTON dans des cas simples.

6.5 Généralités sur l'étude d'une fonction

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

6.6 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.	Dérivées, variations et graphes. Les fonctions puissances sont définies sur l'inter-

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

	valle $]0,+\infty[$ et prolongées en 0 le cas échéant. Seules les fonctions puissances entières sont en outre définies sur l'intervalle $]-\infty,0[$. Logarithme décimal, logarithme en base 2.
Relations fonctionnelles.	$(xy)^\alpha = x^\alpha y^\alpha$, $x^{\alpha+\beta} = x^\alpha x^\beta$, $(x^\alpha)^\beta = x^{\alpha\beta}$.
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 $\theta \mapsto e^{i\theta}$.	

6.7 Fonctions convexes

L'objectif de cette sous section est d'étudier les fonctions convexes d'une variable réelle. Le cours gagne à être illustré par de nombreuses figures. On soulignera l'intérêt des fonctions convexes pour obtenir des inégalités.

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 λ 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 : 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	Les demonstrations de ces applications pourront

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

YOUNG, inégalité arithmético-géométrique.	être faites à titre d'exercices.

7 Primitives et équations différentielles linéaires

Cette section est consacrée au calcul des primitives et à l'étude des équations différentielles linéaires. Le point de vue adopté est principalement pratique : il s'agit, en prenant appui sur les acquis du lycée, de mettre en œuvre 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.

7.1 Calcul de primitives

Primitives d'une fonction définie sur un intervalle. Exemples. Primitives des fonctions puissances, trigonométriques et hyperboliques, exponentielle, logarithme.	Description de l'ensemble des primitives d'une fonction sur un intervalle connaissant l'une d'entre elles. 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 $x \longmapsto$

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

	$\dfrac{1}{ax^2+bx+c}$.
Application du calcul des primitives à celui d'intégrales.	Pour une fonction f continue sur I, l'intégrale de 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 φ 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 $[-1,1]$.

7.2 Équations différentielles linéaires

Les équations différentielles constituent un champ à la fois très riche pour les mathématiques, pour les sciences physiques et les sciences industrielles de l'ingénieur. Cette section doit être traitée en concertation avec les professeurs des autres disciplines afin de l'illustrer par des exemples issus des domaines scientifiques et technologiques.

Équation différentielle linéaire générale du premier ordre.	De la forme $\alpha(x)y' + \beta(x)y = \gamma(x)$, où α, β et γ 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Principe de superposition des solutions.	
Cas des équations différentielle linéaire du premier ordre résolues en y'. Résolution de l'équation homogène associée à (1) dans le cas particulier où la fonction a est constante.	Elles sont du type $$y' + a(x)y = b(x), \qquad (1)$$ où a et b sont des fonctions continues sur un intervalle I de $\mathbb{R}$, à valeurs dans $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.
Résolution de l'équation homogène associée à (1) dans le cas général.	Les solutions sont du type $x \longmapsto \lambda e^{-A(x)}$, où A est une primitive de a sur l'intervalle I et $\lambda \in \mathbb{K}$.
Résolution de l'équation (1) dans le cas d'un second membre de la forme $x \mapsto \alpha e^{\mu x}$, avec $(\alpha, \mu) \in \mathbb{R}^2$ ou de la forme $x \mapsto \alpha\cos(\omega x) + \beta\sin(\omega x)$ avec $(\alpha, \beta, \omega) \in \mathbb{R}^3$.	Les élèves doivent être capable de déterminer une solution particulière dans chacun de ces cas.
Méthode de variation de la constante pour la résolution de l'équation (1) dans le cas général.	Expression intégrale des solutions de l'équation complète.
Problème de CAUCHY associé à (1) et au couple $(x_0, y_0) \in I \times \mathbb{K}$: $\begin{cases} y' + a(x)y = b(x), \\ y(x_0) = y_0. \end{cases}$	Il s'agit d'étudier l'existence et l'unicité de la solution sur I de (1), vérifiant la condition initiale $y(x_0) = y_0$.
Existence et unicité de la solution d'un problème de CAUCHY associé à (1).	Justification à l'aide de l'expression intégrale des solutions de l'équation complète.
Application à la modélisation des circuits électriques RC, RL et des systèmes mécaniques linéaires.	Régime libre, régime forcé ; régime transitoire ; régime établi.
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.	Raccordements de solutions : on présentera en détail des exemples de recollement de solutions et de recherche de solutions maximales.
Équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants. Notion de solution d'une équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants.	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 $\mathbb{R}$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Résolution de l'équation homogène associée à (2). Cas réel et complexe : équation caractéristique, système fondamental de solutions de l'équation homogène.	Si a et b sont complexes, recherche d'une solution du type $x \longmapsto e^{\mu x}$, avec $\mu \in \mathbb{C}$, puis détermination des solutions en se ramenant, à l'aide de la fonction $z : x \mapsto y(x)e^{-\mu x}$, à une équation différentielle linéaire du premier ordre. Si a et b sont réels, description des solutions réelles.
Principe de superposition des solutions.	
Forme générale des solutions de l'équation complète : somme d'une solution particulière et de la solution générale de l'équation homogène.	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 β, ω des réels, et plus généralement dans le cas où le second membre est une fonction polynôme-exponentielle $x \longmapsto P(x)e^{\lambda x}$, $(P, \lambda) \in \mathbb{K}[X] \times \mathbb{K}$.
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.	Résultat admis.
Équations $y'' \pm \omega^2 y = 0$, avec $\omega > 0$, et problèmes de Cauchy associés.	Les solutions relèvent des automatismes de calcul.
Application à la modélisation des circuits électriques LC, RLC et des systèmes mécaniques linéaires.	

8 Calcul matriciel et systèmes d'équations linéaires

Le but de cette section est d'introduire le calcul matriciel et d'étudier, dans un cadre plus général, les systèmes d'équations linéaires à coefficients réels ou complexes. Les solutions de tels systèmes sont obtenues en utilisant les opérations élémentaires sur les lignes (méthode du pivot de GAUSS-JORDAN). Dans ce cadre, l'aspect matriciel des opérations élémentaires sera abordé et mis en œuvre. On mettra aussi en valeur la méthode du pivot, pour son intérêt mathématique et algorithmique, ainsi que pour

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

ses applications aux disciplines scientifiques et technologiques.

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

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

Dans toute la section, $\mathbb{K}$ désigne $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.

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. La j−ème colonne du produit AB est le produit de A par la j−ème colonne de B. Sa i−ème ligne est le produit de la i−ème ligne de A par B. Cas particulier de la multiplication d'une matrice, à droite par une matrice élémentaire de $\mathcal{M}_{n,1}(\mathbb{K})$ ou la multiplication à gauche par une matrice élémentaire de $\mathcal{M}_{1,n}(\mathbb{K})$, pour en extraire une ligne ou une colonne.
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	Interprétation des matrices élémentaires en termes d'opérations élémentaires sur les lignes et sur les

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

de produit matriciel.	colonnes.
Ensemble $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ des matrices carrées. Matrice identité, matrice scalaire. Produit de deux matrices élémentaires de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$.	Notation I_n. Non commutativité si $n \geqslant 2$. Exemples de diviseurs de zéro et de matrices nilpotentes.
Matrice diagonale, matrice triangulaire supérieure ou inférieure de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$.	Produit de matrices diagonales, de matrices triangulaires supérieures/inférieures.
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 commuttent.	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 $\mathrm{GL}_n(\mathbb{K})$. On vérifie les propriétés lui conférant une structure de groupe, mais la définition axiomatique des groupes est hors programme.
Condition d'inversibilité et inverse d'une matrice diagonale. Condition d'inversibilité d'une matrice 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.	

Systèmes d'équations linéaires

Généralités

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 $b_1, \ldots, b_n$. 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 $t_{i,j} = \begin{cases} a_{i,j} & \text{si } j \in [\![1,p]\!] \\ b_i & \text{si } j = p+1 \end{cases}$. T se note simplement $(A\|B)$. 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.	Les solutions sont définies comme éléments de $\mathbb{K}^p$.
Système compatible.	Un système est dit compatible s'il admet au moins une solution.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Tout système homogène est compatible et l'ensemble de ces solutions est stable par combinaisons linéaires.	
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.
Système linéaire homogène associée â un système linéaire donnée $AX = B$.	$AX = 0$
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 au moyen d'une solution particulière et des solutions du systéme homogène associé.	Les solutions d'un système compatible $AX = B$ 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 (resp. d'une matrice). Une opération élémentaire transforme un système linéaire en un autre système linéaire qui possède le même ensemble de solutions.	On utilise les notations : $L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j$, $i \neq j$ (transvection) ; $L_i \leftrightarrow L_j$, $i \neq j$ (échange) ; $L_i \leftarrow \alpha L_i$, $\alpha \neq 0$ (dilatation).
Deux systèmes sont dits équivalents si on passe de l'un à l'autre par une suite finie d'opérations élémentaires sur les lignes.	Deux systèmes équivalents ont le même ensemble de solutions.
Deux matrices sont dites équivalentes par lignes si elles se déduisent l'une de l'autre par une suite finie d'opérations élémentaires sur les lignes.	Lien avec les systèmes linéaires. Notation $A \underset{L}{\sim} A'$.
Si on passe d'un système $\mathcal{S}$ à un autre système $\mathcal{S}'$ par une suite finie d'opérations élémentaires sur les lignes, la matrice augmentée de $\mathcal{S}'$ s'obtient en effectuant la même suite d'opérations élémentaires sur la matrice augmentée de $\mathcal{S}$.	Cela justifie la présentation matricielle d'un système linéaire.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Échelonnement et algorithme du pivot de Gauss-Jordan.

Matrice échelonnée par lignes : une matrice A est dite échelonnée par lignes si elle vérifie les deux propriétés suivantes : 1. si une ligne de A est nulle, toutes les lignes suivantes le sont aussi ; 2. quand deux lignes successives de A sont non nulles, l'indice de colonne du premier terme non nul de la ligne supérieure est strictement inférieur à l'indice de colonne du premier terme non nul de la ligne inférieure.	Une matrice non nulle $A = (a_{i,j}) \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ est échelonnée par lignes s'il existe un entier $k \in [\![1, n]\!]$ et une application $\varphi : [\![1, k]\!] \longmapsto [\![1, p]\!]$, strictement croissante, tels que $a_{i,\varphi(i)} \neq 0$ si $1 \leqslant i \leqslant k$, et $a_{i,j} = 0$ dès que $(j < \varphi(i) \text{ou} i > k)$. Un schéma en « escalier » permet d'éclairer la notion de matrice échelonnée et de l'illustrer. Les élèves doivent être capables de reconnaître et d'exploiter des matrices échelonnée pour l'étude de systèmes linéaires.
Dans une matrice échelonnée par lignes, chaque premier terme non nul d'une ligne non nulle est appelé pivot.	
Matrice échelonnée réduite par lignes.	Une matrice échelonnée par lignes est dite échelonnée réduite par lignes si elle est nulle ou si tous ses pivots sont égaux à 1 et sont les seuls éléments non nuls de leur colonne. Unicité admise. Les élèves doivent être capables de déterminer la matrice échelonnée réduite par lignes associée à une matrice donnée.
Algorithme du pivot de Gauss-Jordan : en utilisant les opérations élémentaires sur ses lignes, on peut transformer une matrice non nulle en une matrice échelonnée réduite par lignes. Mieux : toute matrice non nulle est équivalente par lignes à une unique matrice échelonnée réduite par lignes.	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.
Formulation matricielle de l'algorithme de Gauss-Jordan.	Pour toute matrice non nulle $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, il existe une matrice échelonnée réduite par lignes $E \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, uniquement déterminée, et une suite finie de matrices élémentaires $P_1, \ldots, P_N$ dans $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ telles que $E = P_N \cdots P_1 A$.
Le système linéaire $AX = B$ est dit échelonné si sa	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

matrice A est échelonnée.	
Résolution d'un système linéaire.	
En utilisant échanges de lignes et transvections, on peut transformer un système linéaire $AX = B$ en système échelonné.	Si $A \neq 0$, un changement d'indexation des inconnues permet, dans une ultime étape, d'obtenir un système échelonné pour lequel $\varphi(i) = i$, quel que soit $i \in [\![1, k]\!]$. Le nombre k de pivots est un invariant de la matrice A (cf. notion de rang d'une matrice).
Inconnues et équations principales ; inconnues secondaires ou paramètres.	Faire le lien entre nombre d'équations principales, nombre d'inconnues principales et nombre de pivots. L'invariance du nombre de pivots est admise à ce stade.
Condition de compatibité d'un système linéaire $AX = B$, avec $A \neq 0$.	En le transformant en un système échelonné, les $n - k$ dernières équations de ce dernier système fournissent ladite condition de compatibité, k étant le nombre de pivot.
Exemples de résolution de systèmes linéaires compatible et échelonnés. Structure de l'ensemble des solutions d'un système compatible.	On détermine les inconnues principales en fonction des paramètres. 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.
Rang d'un système linéaire ; rang d'une matrice.	Notation $\mathrm{rg}(A)$. Le rang est ici défini comme égal au nombre de pivots.
Cas particulier des systèmes carrés. Application au calcul de l'inverse d'une matrice $A \in \mathcal{M}_n(\mathbb{K})$, par résolution de système linéaire $AX = Y$.	Calcul de l'inverse d'une matrice $A \in \mathrm{GL}_n(\mathbb{K})$ par différents moyens (par résolution d'un système, à l'aide de la matrice augmentée $(A\|I_n)$ qui se transforme par des opérations élémentaires en $(I_n\|A^{-1})$, …).
Application aux problèmes d'intersection en géométrie du plan et de l'espace.	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Composantes ou coordonnées d'un vecteur de $\mathbb{K}^n$.	
Combinaison linéaire d'une famille finie $\mathcal{F}$ de p vecteurs de $\mathbb{K}^n$, avec $\mathcal{F} = (u_1, u_2, \dots, u_p)$.	Notations $\text{vect}(\mathcal{F})$, $\text{vect}(u_1, u_2, \dots, u_p)$ pour l'ensemble des combinaisons linéaire de la famille $\mathcal{F}$.
Famille libre, famille liée.	Les élèves doivent être capables de déterminer si une famille de vecteurs est libre ou liée.
Caractérisation d'une famille libre : si A est un élément de $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ est la matrice dont les colonnes sont les coordonnées de p vecteurs $u_1, u_2, \dots, u_p$ de $\mathbb{K}^n$, les propriétés suivantes sont équivalentes : ■ la famille $(u_1, u_2, \dots, u_p)$ est libre ; ■ le système homogène $AX = 0$ n'admet que l'unique solution triviale ; ■ le rang de A est à égal à p.	L'équivalence de ces trois propriétés dans un cadre général et formel n'est pas un attendu du programme. En revanche, sa mise en oeuvre sur des exemples permet d'illustrer le changement de registres : ici vectoriel, matriciel, et algébrique celui des systèmes d'équations linéaires.
Famille génératrice de $\mathbb{K}^n$.	Une famille finie $\mathcal{F}$ de vecteurs de $\mathbb{K}^n$ est dite génératrice si $\text{vect}(\mathcal{F}) = \mathbb{K}^n$.
Caractérisation d'une famille génératrice de $\mathbb{K}^n$: si $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ est la matrice dont les colonnes sont les coordonnées de p vecteurs $u_1, u_2, \dots, u_p$ de $\mathbb{K}^n$, les propriétés suivantes sont équivalentes : ■ la famille $(u_1, u_2, \dots, u_p)$ est génératrice ; ■ pour tout matrice colonne B à n lignes, le système $AX = B$ est compatible ; ■ le rang de A est à égal à n.	Les élèves doivent être capables de déterminer un système d'équations linéaires de l'espace $\text{vect}(u_1, u_2, \dots, u_p)$. Interprétation géométrique dans les cas $n = 2$ et $n = 3$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 polynômes et des fractions rationnelles ;
- l'étude des notions fondamentales relatives aux espaces vectoriels et les applications linéaires, dans leur aspect géométrique ;
- l'utilisation du calcul matriciel en algèbre linéaire ;
- une construction rigoureuse de l'intégrale d'une fonction continue sur un segment ;
- une introduction au dénombrement et une brève initiation aux techniques élémentaires de la combinatoire ;
- l'étude des probabilités sur un univers fini et celle des variables aléatoires, ce qui permet de disposer des outils permettant de modéliser et d'aborder, sur des exemples simples, l'étude des situations concrètes où le hasard intervient.

1 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.

On présente la décomposition en éléments simples des fonctions rationnelles, uniquement dans des situations simples. L'objectif est de présenter aux élèves un outil qui leur permette de mener à bien des calculs d'intégration, de dérivation, de somme, etc. Le programme se limite au cas où le corps de base $\mathbb{K}$ est $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Ensemble $\mathbb{K}[X]$ des polynômes à coefficients dans $\mathbb{K}$ et une indéterminée.	La construction de $\mathbb{K}[X]$ est hors programme.
Combinaison linéaire et produit de polynômes. Formule du binôme de NEWTON.	
Degré, coefficient dominant, polynôme unitaire.	Le degré du polynôme nul est $-\infty$.
Opérations sur les degrés : somme, produit.	On note $\mathbb{K}_n[X]$ l'ensemble des polynômes de degré au plus n.
	Le produit de deux polynômes non nuls est non nul.
Composition de polynômes.	
Multiples et diviseurs d'un polynôme, divisibilité dans $\mathbb{K}[X]$.	
Théorème de la division euclidienne.	Algorithme de la division euclidienne.
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.
Polynôme scindé. Expressions de la somme et du produit des racines d'un polynôme scindé en fonction de ses coefficients.	Les fonctions symétriques élémentaires sont hors programme.
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 de d'ALEMBERT-GAUSS.	La démonstration est hors programme.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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. 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.
Fractions rationnelles à coefficients dans $\mathbb{K}$. Degré, partie entière, zéros et pôles, multiplicités.	Fonction rationnelle assiciée.
Expression de la décomposition en éléments simples sur $\mathbb{C}$ et $\mathbb{R}$ des fonctions rationnelles à pôles simples.	La démonstration est hors programme. Dans le cas où le dénominateur posséde une racine multiple ou un facteur irréductible de degré 2, la forme cherchée doit être fournie. Application au calcul de primitives, de dérivées successives.

2 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, …) 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* β *est une fonction continue en* 0*, plutôt que* $\cos x = 1 - \frac{1}{2}x^2 + \circ(x^2)$.

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.*

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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^α, $e^{\gamma n}$, $(\alpha, \beta, \gamma) \in \mathbb{R}^3$.	
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, puissances.
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 $u_n \sim w_n$ alors $u_n \sim v_n$.
Propriétés conservées par équivalence.	Signe, limite.
Adaptation aux fonctions des définitions et résultats précédents.	Notations $f(x) = \underset{x\to a}{O}(g(x))$, $f(x) = \underset{x\to a}{o}(g(x))$ et $f(x) \underset{x\to a}{\sim} (g(x))$, $a \in \overline{\mathbb{R}} = \mathbb{R} \cup \{\pm\infty\}$.
Traduction à l'aide du symbole o 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.	Les relations $f(x) = \underset{x\to a}{o}(g(x))$ 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 : $f(a+h) = h^p\left(a_0 + a_1 h + \cdots + a_n h^n + o(h^n)\right)$	Équivalence $f(a+h) \underset{h\to 0}{\sim} a_0 h^p$; signe de f au voisinage de a.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

, $a_0 \neq 0$.	
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. Développement limité à tout ordre en 0 de exp ; sin ; cos ; sinh ; cosh ; $x \longmapsto \ln(1+x)$; $x \longmapsto \dfrac{1}{1+x}$; $x \longmapsto (1+x)^\alpha$; de arctan et de tan à l'ordre 3.	
Utilisation des développements limités à l'étude locale d'une fonction (prolongement par continuité, dérivabilité d'un prolongement, etc.) et pour préciser l'allure d'une courbe au voisinage d'un point.	Les élèves doivent être capables de lever une forme indéterminée, calculer des équivalents et des limites, déterminer la position relative d'une courbe et de sa tangente, déterminer des 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

3 Espaces vectoriels

Cette section généralise les objets de la géométrie du plan et de l'espace : vecteurs, bases, droites, plans... Elle a aussi pour objectif de définir la notion de dimension d'un espace vectoriel admettant une famille génératrice finie et en présente plusieurs méthodes de calcul. Elle est organisée autour des axes suivants :

- étudier les notions de base relatives aux espaces vectoriels 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.

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.

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

- aient assimilé les notions d'espace vectoriel et les procédés usuels de leur construction ;
- sachent reconnaître les problèmes linéaires et les modéliser à l'aide des notions d'espace vectoriel ;
- 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 probléme (en termes de sous-espaces vectoriels, etc.) à son expression algébrique (en termes d'équations linéaires 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).

Dans toute la section, $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Généralités sur les espaces vectoriels

Notion d'espace vectoriel

Structure de $\mathbb{K}-$espace vectoriel.	Espaces vectoriels $\mathbb{K}^n$, $\mathbb{K}[X]$, $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$.
Espace vectoriel E^A des fonctions d'un ensemble non vide A dans un espace vectoriel E.	Cas particulier des espaces vectoriels $\mathbb{K}^A$, $\mathbb{K}^{\mathbb{N}}$.
Produit d'une famille finie de $\mathbb{K}-$espaces vectoriels.	
Combinaison linéaire d'une famille finie de vecteurs.	Les élèves doivent savoir passer du registre géométrique au registre algébrique et inversement.

Notion de sous-espace vectoriel

Sous-espace vectoriel : définition, caractérisation.	Sous-espace nul. Droites vectorielles de $\mathbb{R}^2$, droites et plans vectoriels de $\mathbb{R}^3$.
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 famille finie $(x_i)_{i\in I}$ de vecteurs.	Notations $\text{vect}(x_i)_{i\in I}$, $\text{vect}(x_1,\ldots,x_p)$. Tout sous-espace vectoriel contenant les x_i contient $\text{vect}(x_i)_{i\in I}$.

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.	
Sous-espaces vectoriels supplémentaires.	Les élèves doivent prendre l'habitude de se représenter des espaces supplémentaires par une figure en dimension 2 et 3.

Familles finies de vecteurs d'un espace vectoriel

Vecteurs colinéaires. Familles génératrices ; libres ; liées. Indépendance	Ajout d'un vecteur à une famille libre.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

et dependance linéaire d'une famille finie de vecteurs.	
Indépendance d'une famille finie de polynômes non nuls de degrés échelonnés.	
Base, coordonnées.	
Matrice colonne des coordonnées d'un vecteur x dans une base $\mathcal{B}$.	Bases canoniques de $\mathbb{K}^n$, $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$, $\mathbb{K}_n[X]$.
Bases formée de polynômes de degrés échelonnés dans $\mathbb{K}_n[X]$.	
Notation $\mathrm{Mat}_{\mathcal{B}}(x)$.	
Base adaptée à une somme directe de deux sous-espaces vectoriels.	Si $(e_1, \dots, e_k, e_{k+1}, \dots, e_n)$ est une famille libre d'un $\mathbb{K}-$espace vectoriel E, alors les sous-espaces vectoriels $\mathrm{vect}(e_1, \dots, e_k)$ et $\mathrm{vect}(e_{k+1}, \dots, e_n)$ sont en somme directe.

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 fini-dimensionnel.
Théorème de la base extraite : de toute famille génératrice on peut extraire une base. Théorème de la base incomplète : toute famille libre peut être complétée en une base.	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 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. Exemp-	Dimensions de $\mathbb{K}^n$, de $\mathbb{K}_n[X]$, de $\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$. Dimen-

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

les de calcul de la dimension.	sions 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 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.	
Rang d'une famille finie de vecteurs.	Notation $\mathrm{rg}(x_1, \ldots, x_n)$. Les élèves doivent être capables de majorer le rang d'une famille de vecteurs en exhibant une relation linéaire, de le minorer en exhibant une sous-famille libre et d'utiliser le rang d'une famille de vecteurs pour démontrer qu'elle est libre ou génératrice.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

4 Applications linéaires

L'étude des applications linéaires suit naturellement celle des espaces vectoriels. Son objectif est de fournir un cadre aux problèmes linéaires.

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.

Il est attendu qu'à l'issue de cette section, 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 ;*
- *maîtrisent le passage de l'expression géométrique d'un probléme (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'inverser une matrice carrée ;*
- *maîtrisent le « théorème du rang » dans différentes formulations.*

Dans toute la section, $\mathbb{K} = \mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$.

4.1 Généralités sur les applications linéaires

Application linéaire. Opérations sur les applications linéaires : combinaison linéaire, composition. Une application linéaire est entièrement déterminée par l'image d'une base.	L'ensemble $\mathscr{L}(E, F)$ est un espace vectoriel. Bilinéarité de la composition.
Isomorphismes, réciproque.	Une application linéaire de E dans F est un isomorphisme si, et seulement si, elle transforme une (toute) base de E en une base de F.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.	L'ensemble $\mathscr{L}(E)$ des endomorphismes de E est un espace vectoriel. Il est stable par la composition des applications. Non commutativité de la composition dans $\mathscr{L}(E)$ si E n'est pas de dimension $\leqslant 1$. 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 $\mathrm{GL}(E)$. On vérifie les propriétés lui conférant une structure de groupe, mais la définition axiomatique des groupes est hors programme. Notation u^k pour $u \in \mathrm{GL}(E)$ et $k \in \mathbb{Z}$.

4.2 Applications linéaires et dimension finie

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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Caractérisation de l'injectivité, de la surjectivité, de la bijectivité de u.	Si $(e_i)_{i\in I}$ est une base de E, de dimension finie, 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 $\operatorname{Ker} u$ dans E, alors u induit un isomorphisme de S sur $\operatorname{Im} u$.	
Théorème du rang.	Si E est de dimension finie et $u \in \mathscr{L}(E,F)$ alors u est de rang finie et $\dim E = \dim \operatorname{Ker} u + \operatorname{rg}(u)$.
Notion d'équation linéaire : on appelle ainsi toute équation de la forme $u(x) = a$ où $u \in \mathscr{L}(E,F)$, $a \in F$ et $x \in E$ est l'inconnue.	Retour sur les systèmes linéaires, les équations différentielles linéaires d'ordres 1 et 2, les suites arithméticogéométriques.
Structure des solutions, condition de compatibilité, lien avec $\operatorname{Ker}(u)$ et $\operatorname{Im}(u)$.	L'équation linéaire $u(x) = a$ est compatible si, et selement, si $a \in \operatorname{Im}(u)$. L'ensemble des solutions d'une telle équation est soit vide (si $a \notin \operatorname{Im}(u)$), soit de la forme $x_0 + \operatorname{Ker} u = \{x_0 + y;\ y \in \operatorname{Ker} u\}$, x_0 étant une solution particulière.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

La notion de sous-espace affine d'un espace vectoriel est hors programme en TSI1.	

5 Représentations matricielles

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 d'un vecteur.*

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 probléme (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 lnéaire ;*
- *maîtrisent le « théorème du rang » dans différentes formulations.*

5.1 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 $z \longmapsto (a+ib)z$, $a, b \in \mathbb{R}$.
Coordonnées de l'image d'un vecteur par une application linéaire.	Expression des coordonnées de $u(x)$ en fonction de celles de x.
Isomorphisme d'espaces vectoriels de $\mathscr{L}(E, F)$ sur	Notations $u \mapsto Mat_{e,f}(u)$ et $v \mapsto Mat_e(v)$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

$\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ induit par le choix d'un couple de bases. Isomorphisme d'espaces vectoriels de $\mathcal{L}(E)$ sur $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ induit par le choix d'une base.	
Matrice d'une composée d'applications linéaires. Lien entre matrices inversibles et isomorphismes.	Cas particulier des endomorphismes. Matrice de la réciproque d'un isomorphisme.

5.2 Application linéaire canoniquement associée à une matrice

Application linéaire canoniquement associée à une matrice.	On identifie ici $\mathcal{M}_{n,1}(\mathbb{K})$ et $\mathbb{K}^n$.
Noyau, image et rang d'une matrice.	Notations $\mathrm{Ker}(A)$ et $\mathrm{Im}(A)$. Les colonnes engendrent l'image, les lignes donnent un système d'équations du noyau. Équations de l'image et du noyau de A. On utilise l'échelonnement d'un système pour déterminer des équations de l'image.
Une matrice carrée de $\mathcal{M}_n(\mathbb{K})$ 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 est inversible.	

5.3 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 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 de A, défini comme le nombre de pivots d'une matrice échelonnée qui lui est équivalente par lignes, est également le rang de ses vecteurs colonnes dans $\mathbb{K}^n$ ou, de manière équivalente, le rang de l'application linéaire de $\mathbb{K}^p$ dans $\mathbb{K}^n$ qui lui est canoniquement associée.	Le rang d'un système d'équations linéaires homogènes est égal au rang de sa matrice, 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 $p - r$. On admet que le rang d'une matrice est égal au rang de ses vecteurs lignes (ie le rang de sa transposée).

5.4 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 semblables.	Interprétation géométrique. Exemples de recherche d'une matrice simple semblable à une matrice donnée.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

6 Intégration des fonctions continues sur un segment

Dans cette section, Il s'agit de donner une construction rigourous de l'intégrale d'une fonction, réelles ou complexes, continue sur un segment en partant de sa définition comme une aire. Ses propriétés élémentaires sont établies, et notamment le lien entre intégration et primitivation. Ceci permet aussi de consolider la pratique des techniques usuelles de calcul intégral.

La notion de continuité uniforme étant hors programme de PCSI, le théorème sur l'approximation d'une fonction continue 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 commence par traiter d'abord le cas réel avant de procéder à une brève extension.

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

Approximation d'une fonction continue sur un segment par une fonction en escalier : Soit $f : [a, b] \to \mathbb{K}$ une fonction continue 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 ε près sur $[a, b]$. Une représentation graphique

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

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 γ dans $[a, b]$. Il est en fait évident

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

des fonctions est éclairante, en vue notamment de l'interprétation de l'intégrale en termes d'aire.	
Intégrale d'une fonction φ en escalier sur un segment $[a,b]$. Propriétés usuelles : linéarité, additivité et positivité de l'intégrale. Inégalité triangulaire.	
Intégrale d'une fonction $f \in C([a,b],\mathbb{R})$: C'est par définition la valeur commune de $\sup\left\{\int_{[a,b]}\varphi \ \varphi \in \mathcal{E}([a,b],\mathbb{R}), \varphi \leqslant f\right\}$ et de $\inf\left\{\int_{[a,b]}\psi \ \psi \in \mathcal{E}([a,b],\mathbb{R}), f \leqslant \psi\right\}$, quantités dont on montre qu'elles existent et sont égales grâce au résultat d'aproximation. Notations $\int_{[a,b]} f$, $\int_a^b f$, $\int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$.	que Γ est l'un des intervalles $[a,\gamma[$ ou $[a,\gamma]$. Établir le résultat d'approximation revient à montrer que $\gamma \in \Gamma$ et que $\gamma = b$. Notations $\int_{[a,b]}\varphi$, $\int_a^b \varphi$, $\int_a^b \varphi(t)\,\mathrm{d}t$. $\left\lvert\int_{[a,b]}\varphi\right\rvert \leqslant \int_{[a,b]}\lvert\varphi\rvert$.
	Se placer d'abord dans le cas où la fonction f est réelle et l'encadrer à ε près par deux fonctions en escalier φ et ψ 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. L'intégrale sur un segment d'une fonction continue de signe constant est nulle si, et seulement si, la fonction est nulle.	Valeur moyenne d'une fonction en escalier ou continue sur un segment.
Relation de CHASLES.	Extension de la notation $\int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$ au cas où $b \leqslant a$. Propriétés correspondantes.
Sommes de RIEMANN : si $f \in C([a,b],\mathbb{K})$, alors $\frac{b-a}{n}\sum_{k=0}^{n-1} f\left(a+k\frac{b-a}{n}\right) \underset{n\to+\infty}{\longrightarrow} \int_a^b f(t)\,\mathrm{d}t$.	Intérprétation géométrique dans le cas $\mathbb{K}=\mathbb{R}$. Démonstration dans le cas où f est de classe C^1.
Inégalité triangulaire.	$\left\lvert\int_{[a,b]} f\right\rvert \leqslant \int_{[a,b]}\lvert f\rvert$.
Dérivabilité de $x \longmapsto \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t$ pour f continue.	
Théorème fondamental du calcul intégral : **Toute fonction continue sur un intervalle pos-**	f étant une fonction continue sur I et $a \in I$, la

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

sède 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,

$$G(x) = G(a) + \int_a^x f(t)\,\mathrm{d}t, \quad x \in I.$$

Inégalité des accroissements finis.

Si f est continue et de classe C^1 sur le segment $[a, b]$ alors

$$\left|\int_a^b f\right| \leqslant (b-a) \sup_{[a,b]} |f'|$$

Formules d'intégration par parties.

Application : 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.

Cas des fonctions de classe C^1.
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 φ 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 systèmatique concerne les fonctions rationnelles (dans des cas simples). Il utilise la décomposition en éléments simples des fractions rationnelles. Parmi les exemples à traiter figurent la primitivation 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.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.

7 Dénombrement

Cette section a pour but de présenter les bases du dénombrement et une initiation aux techniques élémentaires de la combinatoire, notamment en vue de l'étude des probabilités. C'est aussi l'occasion d'aborder les coefficients binomiaux sous un autre angle que celui de la section « Compléments de calcul algébrique ». L'objectif est de consolider les acquis du secondaire qualifiant.

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 $\lvert A\rvert$, $\mathrm{card}(A)$, $\#A$. 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 en-	

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

semble 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 dans un ensemble de cardinal n, nombre de permutations d'un ensemble de cardinal n.	Les élèves doivent être capables de reconnaître des situations relevant de ce cadre.
Nombre de parties à p éléments (ou p-combinaisons) d'un ensemble de cardinal n.	Interprétation combinatoire des propriétés $\binom{n}{p} = \binom{n}{n-p}$ et $\sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} = 2^n$ Démonstrations combinatoires des formules de PASCAL et du binôme.

8 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 du cas fini lors de cette deuxième période 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 Ω 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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.

8.1 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 Ω. Dans toute la section, Ω est un ensemble fini non vide et on appelle événement tout sous-ensemble de Ω. L'ensemble des issues est Ω, 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 Ω, 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

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

Système complet d'événements : famille de sous ensembles deux à deux incompatibles et dont la réunion est Ω, c'est-à-dire formant une partition de Ω.	deux à deux ». 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 : $\begin{cases} \forall (i,j)\in I^2,\ i\neq j \Longrightarrow A_i\cap A_j=\emptyset, \\ \bigcup_{i\in I} A_i=\Omega. \end{cases}$

8.2 Espace probabilisé fini

Une probabilité sur l'espace probabilisable $(\Omega,\mathcal{P}(\Omega))$ (avec Ω 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 pour toute famille $A_1,\dots,A_n$ d'événements incompatibles deux à deux on a $\mathbf{P}\left(\bigcup_{i=1}^{n} A_i\right)=\sum_{i=1}^{n}\mathbf{P}(A_i)$
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.

8.3 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 $\mathbf{P}_B(A)$.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

L'application $\mathbf{P}_B$ est une probabilité sur $\mathcal{P}(\Omega)$.

Formule des probabilités composées.

Si $\mathbf{P}(\cap_{i=1}^{n-1} A_i) \neq 0$, alors

$$\mathbf{P}\left(\bigcap_{i=1}^{n} A_i\right) = \mathbf{P}(A_1)\,\mathbf{P}_{A_1}(A_2)\cdots\mathbf{P}_{\cap_{i=1}^{n-1} A_i}(A_n)$$

$$\mathbf{P}_B(A_j) = \frac{\mathbf{P}_{A_j}(B)\,\mathbf{P}(A_j)}{\sum\limits_i \mathbf{P}_{A_i}(B)\,\mathbf{P}(A_i)}$$

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 $\mathbf{P}(B) = \sum\limits_{i=1}^{n} \mathbf{P}(B \cap A_i)$.

Éliminant les A_i de probabilité 0, c'est aussi

$$\sum_i \mathbf{P}(A_i)\,\mathbf{P}_{A_i}(B)$$

Formule de BAYES :

$$\mathbf{P}_B(A_j) = \frac{\mathbf{P}_{A_j}(B)\,\mathbf{P}(A_j)}{\sum\limits_i \mathbf{P}_{A_i}(B)\,\mathbf{P}(A_i)}$$

$A_1, \ldots, A_n$ 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.
Si n événements $A_1, \ldots, A_n$ sont mutuellement indépendants, il en est de même pour les événements B_i, avec $B_i = A_i$ ou $\overline{A_i}$.

Les événements $A_1, \ldots, A_n$ sont dits (mutuellement) indépendants si, pour toute partie J de $[\![1, n]\!]$,

$$\mathbf{P}\left(\bigcap_{i\in J} A_i\right) = \prod_{i\in J} \mathbf{P}(A_i)$$

Noter que l'indépendance des A_j implique l'indépendance deux à deux et que la réciproque est fausse.

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

8.4 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.

Notion de variable aléatoire.

On appelle variable aléatoire réelle toute application X de Ω 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

$$F_X : x \in \mathbb{R} \longmapsto \mathbf{P}(\{X \leqslant x\}).$$

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.

Propriétés d'une fonction de répartition pour Ω fini.

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 $f(x) = ax + b$, $f(x) = x^2$, …

Préambule
Première période
ÉLéments de logique
Nombres complexes
Compléments de calcul algébrique
Géométrie élémentaire
Nombres et suites réels
Fonctions de la variable réelle
Primitives et équations différentielles
Calcul matriciel
Deuxième période
Polynômes et fractions rationnelles
Développements limités
Espaces vectoriels
Applications linéaires
Représentations matricielles
Intégration sur un segment
Dénombrement
Probabilité sur un univers fini
Table des matières

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 $V(X) = \mathbf{E}((X - m)^2)$ où $m = \mathbf{E}(X)$. L'écart-type de X est $\sigma(X) = \sqrt{V(X)}$.

Formule de Koenig-Huygens :

$$V(X) = \mathbf{E}(X^2) - (\mathbf{E}(X))^2.$$

Une variable aléatoire d'espérance nulle et de variance 1 est dite centrée réduite.

On note X^* la variable aléatoire centrée réduite $\dfrac{X - \mathbf{E}(X)}{\sigma(X)}$ lorsque $\sigma(X) \neq 0$.

Transformation affine

$V(aX + b) = a^2 V(X)$.
$m_r(X) = E(X^r)$

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.

Notation $X \hookrightarrow \mathcal{B}(p)$.
Interprétation : épreuve aléatoire à deux issues, succès avec probabilité p vs échec avec probabilité $q = 1 - p$.

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 répé-

	titions 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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

Physique

1 Préambule

1.1 Objectifs de formation en physique

La réforme du programme de physique de la classe de première année TSI 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 et la physique pratiquée 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. Le programme de physique de la première année 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

science et que, plus assuré dans ses connaissances, il soit préparé à poursuivre son cursus d'études dans les grandes écoles.

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'aller-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 le langage dans lequel 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. Ces activités 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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-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 adopté 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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, les génies, électrique et mécanique, et l'informatique, communs à tous les élèves de la voie TSI ;
- 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 des 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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 *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. Il va de soi que les spécificités de la voie TSI 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 *Contenu thématique*, est structurée autour de cinq thèmes. Pour faciliter la progressivité des acquisitions, pour tenir compte des contraintes liées à la formation

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

expérimentale et afin d'avoir une vision globale à l'échelle nationale, il est impératif de suivre la progression des cinq thèmes dans l'ordre suivant :

I **Électronique ;**
II **Optique ;**
III **Mécanique ;**
IV **Thermodynamique ;**
V **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 TSI.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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

- de la pratique expérimentale (travaux pratiques et expériences de cours) comme caractéristique

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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 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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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.

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 à travers les activités expérimentales. Elle aborde la thématique de l'évaluation des incertitudes des mesures et la question de la prévention du risque au laboratoire de physique-chimie. Elle précise aussi la liste des thèmes de travaux pratiques et fixe les objectifs de chaque thème. Elle souligne enfin l'importance de l'évaluation régulière des acquis des élèves inscrits dans le volet de la formation expérimentale.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Une liste de matériel de physique, que les élèves doivent savoir utiliser avec l'aide d'une notice succincte, figure dans l'annexe *1. Liste de matériel de pohysique* 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.

2.1 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, 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.*

Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Erreur ; composante aléatoire et composante systématique de l'erreur. 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.
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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	type B). Associer un intervalle de confiance à l'écart-type dans l'hypothèse d'une distribution suivant la loi normale.
Incertitude-type composée. Incertitude élargie.	Évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertit udes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient. Comparer entre elles les différentes contributions lors de l'évaluation d'une incertitude-type composée. ***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. 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. 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. Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude ou analyse des écarts normalisés. ***Activité numérique :*** *simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire de variation des valeurs expé-*

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	rimentales de l'une des grandeurs – simulation Monte-Carlo – pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle.

2.2 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.

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.*

Prévention des risques au laboratoire	
	Adopter une attitude responsable et adaptée au travail en laboratoire. 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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. 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 mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé et la qualité du travail.	Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation des émetteurs d'onde infrasonores, sonores ou ultrasonores.
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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

2.3 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. Les connaissances et les savoir-faire expérimentaux développés 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. Ils 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.

Thèmes	Objectifs
1. Mésures et incertitudes	
1. Mésures et incertitudes	■ connaître les origines des incertitudes ; ■ Évaluer les incertitudes de mesure et leur propagation ; ■ savoir évaluer les incertitudes 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	et/ou du modèle théorique.
2. Électronique	
2. 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.
3. Présentation et utilisation d'une station d'acquisition et de traitement automatique des données (2/2)	■ gérer les contraintes liées à la liaison entre masses ; ■ Élaborer un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.
4. Régimes transitoires de circuits électriques RC, 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.
5. Régimes transitoires de circuits électriques RLC	■ passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement ; ■ repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY ; ■ reconnaître une avance ou un retard de phase.
6. Régime sinusoïdal forcé et résonances du circuit RLC	■ 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 ; ■ Évaluer des résistances d'entrée et de sortie à l'aide d'une notice ou d'un appareil.
7. Mesures de résistances et d'impédances	■ choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'acquisition ; ■ visualiser un signal à l'aide de la carte d'acquisition.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

8. Étude d'un filtre passif de premier ordre. . Diagramme de BODE.	■ réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du premier ordre puis du deuxième ordre ; ■ estimer la durée du régime transitoire ; ■ mesurer une constante de temps.
9. Étude d'un filtre passif de second ordre. Diagramme de BODE.	■ mesurer un temps de montée ; ■ confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.
10. Présentation et utilisation d'une station d'acquisition.	■ caractériser un phénomène de résonance ; ■ déterminer rapidement le type de filtre étudié et de sa fréquence de coupure ; ■ tracer le diagramme de BODE en gain et en phase.
11. ALI en régime linéaire : amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur et suiveur. dérivateur.	■ 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 ; ■ illustrer l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.
12. ALI en régime linéaire : intégrateur, dérivateur.	■ vérifier la nécessité de la rétroaction sur l'entrée inverseuse d'un amplificateur linéaire intégré pour que le régime linéaire soit possible ; ■ mettre en évidence le caractère intégrateur du montage intégrateur et la condition sur la période du signal à intégrer ; ■ observer les limitations dues aux imperfections de l'amplificateur linéaire intégré : limitations en courant, en tension et en fréquence.
13. Filtres actifs. Diagramme de BODE.	■ 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

14. ALI en régime saturé : comparateur simple et comparateur à hystérésis.	■ identifier une résistance calibrée, une résistance variable et un potentiomètre ; ■ mesurer une impédance ; ■ utiliser un microcontrôleur.
3. Optique	
15. 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.
16. 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 ; ■ mise en évidence du minimum de déviation.
17. Étude de quelques instruments optiques de laboratoire et leur utilisation.	■ 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 ;

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	■ 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.
18. 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 ; ■ mesurer une longueur sur un banc d'optique ; ■ 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.
4. Mécanique	
19. 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 ; ■ mettre en oeuvre des capteurs de vitesse et d'accélération.
20. Étude d'une loi de force. Mise en oeuvre d'un capteur de vitesse et d'un accéléromètre.	■ utiliser un capteur de force ; ■ Étudier une loi de force par exemple à l'aide d'un microcontrôleur.Mesurer des frottements fluides.
5. Thermodynamique	
21. Caractéristique statique d'un capteur. Mise en oeuvre d'un capteur de pression, de température.	■ tracer les isothermes d'un gaz ; ■ 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 ; ■ mesurer une température à l'aide d'un thermomètre, d'une thermistance ou d'un capteur infra-rouge ; ■ mesurer une pression.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

22. Mesures calorimétriques.	■ distinguer le caractère différentiel ou absolu du capteur ; ■ mesurer une capacité thermique ; ■ mesurer une enthalpie de fusion ; ■ tracer le cycle parcouru par le réfrigérant sur le diagramme enthalpique ou le diagramme de CLAPEYRON.
23. Étude d'une machine thermique cyclique ditherme.	■ Étudier une machine thermique cyclique ditherme ; ■ calculer le rendement ou l'efficacité d'une machine thermique.
6. Électromagnétisme	
24. 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.

2.4 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.

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 *Classes préparatoires aux grandes écoles (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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

- 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 têtes de chapitre sont très classiques, de façon que les acquis des élèves soient clairement identifiés.

Partie	VH	Page
1. Électronique		
1.1. Lois générales dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires	2	89
1.2. Éléments de circuits linéaires en régime continu ou quasi-stationnaires	6	90
1.3. Régime transitoire	6	91
1.4. Régime sinusoïdal forcé	8	92
1.5. Filtrage linéaire	6	94
1.6. Amplificateur Linéaire Intégré	6	95
2. Optique		
2.1. Approximation de l'optique géométrique	6	97
2.2. Formation des images dans les conditions de Gauss	6	98
2.3. Modèles de quelques dispositifs optiques	4	99
3. Mécanique		
3.1. Description et paramétrage du mouvement d'un point	8	101
3.2. Dynamique du point matériel dans un référentiel Galiléen, lois de NEWTON	6	103
3.3. Puissance et travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique	5	104
3.4. Oscillateur linéaire à un degré de liberté	6	105
3.5. Théorème du moment cinétique	4	106
3.6. Mouvements dans un champs de forces centrales conservatives, mouvement newtonien	6	106
3.7. Dynamique du point matériel dans un référentiel non galiléen	6	107

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

4. Thermodynamique			
4.1.	Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre	6	110
4.2.	Éléments de statique des fluides dans un référentiel galiléen	4	111
4.3.	Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé	6	112
4.4.	Deuxième principe de la thermodynamique pour un système fermé	6	114
4.5.	Étude des machines thermiques	4	115
5. Électromagnétisme			
5.1.	Champ et potentiel électrostatiques	8	116
5.2.	Dipôle électrostatique	4	118
5.3.	Champ magnétostatique	8	119
5.4.	Dipôle magnétique	4	120

1 Électronique

Les notions de courant et de tension, la loi des noeuds et la loi des mailles ont été abordéss 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 cet effet.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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-stationnaire

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. 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 avec la quantification de la charge électrique.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	On donne l'ordre de grandeur des intensités dans différents domaines d'application. L'intensité du courant électrique dans une branche orientée de circuit est définie comme le débit de charges à travers une section du conducteur. La loi des noeuds traduit une conservation de la charge en régime stationnaire. On admet l'extension de cette loi aux régimes lentement variables.
Potentiel, référence de potentiel, tension électrique, conventions d'orientation de la tension aux bornes d'un dipôle, loi de KIRCHHOFF des mailles. La puissance électrique reçue par un dipôle. 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 quasistationnaires

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). Relation tension-courant.	On cite les ordres de grandeurs des composants R, L, C. Un comportement linéaire est décrit par une équation différentielle linéaire à coefficients constants. 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. On affirme les relations : $q = Cu_c$ et $u_L = ri + L\dfrac{di}{dt}$ La première sera établie dans le cours d'électromagnétisme en première année et la seconde dans le

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	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.
Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement.	On étudie la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire.
Ponts diviseurs de tension et de courant.	
Aspects énergétiques : puissance dissipée dans une résistance (effet JOULE), énergie emmagasinée dans un condensateur et dans une bobine.	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.

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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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. 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. On détermine un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire. On met l'accent sur les analogies formelles et comportementales entre les oscillateurs électriques et mécaniques. ***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. On peut utiliser un logiciel approprié pour le tracé des portraits de phase.

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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Régime alternatif sinusoïdal forcé ou établi. 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. On justifie qualitativement l'intérêt des régimes sinusoïdaux forcés par leur rôle générique pour l'étude des régimes périodiques forcés. 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. 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. Associations série et parallèle. Construction de FRESNEL. Loi des noeuds, loi des mailles, théorème de MILLMAN.	
Étude du circuit *LC*. Étude du circuit *RLC* série : résonance du courant et de la tension aux bornes du condensateur, facteur de qualité.	***Activité numérique :*** *mettre en évidence le rôle du facteur de qualité pour l'étude de la résonance en élongation ou en tension.*
Stockage et dissipation d'énergie. Puissance instantanée, puissance moyenne en régime sinusoïdal forcé, grandeurs efficaces. Facteur de puissance ($\cos(\varphi)$).	La notion de puissance réactive et le théorème de 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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. 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. 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. On utilise la forme canonique de la fonction de transfert.
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*. On habitue les élèves à choisir un modèle de filtre en fonction d'un cahier des charges. On explicite les conditions d'utilisation d'un filtre afin de l'utiliser comme moyenneur, intégrateur, ou dérivateur.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	On signale le passage de l'expression de la fonction de transfert à l'équation différentielle. On explique, à travers un exercice, la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètres, amortisseurs, accéléromètres…). La synthèse des filtres est hors programme. ***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. Celui-ci est supposé idéal. On traite en application des filtres actifs utilisant un amplificateur linéaire intégré.

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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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, filtres actifs.	L'amplificateur linéaire intégré est supposé idéal. On fait constater la nécessité d'une rétroaction sur l'entrée inverseuse pour que le régime linéaire soit possible. Les limitations en tension, en courant et en fréquence (slew-rate) ainsi que les défauts seront vus exclusivement en TP.
Amplificateur linéaire intégré en régime saturé :	
Comparateur simple. Comparateur à hystérésis : montage, caractéristique de transfert, bistabilité.	L'amplificateur linéaire intégré est supposé idéal.

2 Optique

Cette partie traite 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 concept de modèle en physique et d'en identifier les limites de validité, et aussi de faire observer des phénomènes, telles les aberrations, dont l'étude proprement dite 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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, loi 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.

Lumière : aspects particulaire et ondulatoire. Énergie d'un photon.	
Présentation des sources lumineuses : lampes spectrales, sources de lumière blanche, laser et diode laser.	Aucune connaissance sur les sources de lumière, notamment les mécanismes d'émission, n'est exigible.
Modèle de la source lumineuse ponctuelle monochromatique.	On caractérise une source lumineuse par son spectre électromagnétique et on relie la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
Indice d'un milieu transparent.	On se limite aux milieux transparents, linéaires, isotropes et homogènes.
Phénomène de diffraction. Diffraction à l'infini. Approximation de l'optique géométrique.	L'approche de la diffraction est purement descriptive et expérimentale, et envisagée comme une propriété universelle des ondes ; l'objectif est ici d'introduire l'approximation de l'optique géométrique.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	On utilise la relation $\theta \simeq \frac{\lambda}{d}$ entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique de l'ouverture.
Notion de rayon lumineux, propagation rectiligne dans un milieu homogène, cas d'un milieu non homogène. Limite du modèle	La notion du rayon lumineux est l'occasion pour mettre en valeur l'importance du modèle dans la physique.
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.	Le dioptre sphérique est hors programme.
Étude du prisme : formules générales, condition d'émergence, Déviation, minimum de déviation, dispersion.	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.
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. 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.

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. Notion de stigmatisme et d'aplanétisme. Miroir plan, relation de conjugaison. Conditions de l'approximation de GAUSS.	On admet le stigmatisme et l'aplanétisme dans les conditions de Gauss. On relie les conditions de Gauss aux caractéristiques d'un détecteur.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Lentilles sphérique minces 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.	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. On peut montrer que les constructions géométriques permettent d'obtenir les formules de conjugaison et de grandissement. On établit la condition $D \geqslant 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente. L'étude générale des systèmes centrés et des systèmes catadioptriques est hors programme. La formule de GULLSTRAND est hors programme.
Miroirs 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. 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	Aucune question ne peut porter sur le fonctionnement de l'oeil.
Modèle de l'appareil photographique	
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. 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	
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

Le programme de mécanique en première année TSI se place dans le cadre de la physique dite classique (non relativiste et non quantique). Chaque fois que c'est judicieux, on signale les limites de la théorie classique et l'existence de théories relativistes et quantiques.

L'objectif du thème de mécanique est d'introduire progressivement quelques-uns des concepts de base de la mécanique tridimensionnelle ainsi que les outils nécessaires, et cela en accord avec les idées mises en oeuvre dans l'enseignement de sciences industrielles.

Le programme ci-dessous est fondé sur l'introduction d'un objet conceptuel, "le point matériel". Cette notion permet d'une part de modéliser des "particules" quasi-ponctuelles au mouvement desquelles on s'intéresse ; elle est d'autre part utilisable pour le centre d'inertie d'un système.

Enfin, elle permettra ultérieurement l'analyse et l'étude du mouvement d'un système quelconque (solide, fluide), à l'aide d'une décomposition "par la pensée" en éléments matériels considérés comme quasi-ponctuels.

L'enseignement de mécanique de première année est limité à l'étude du point matériel. Les systèmes ouverts, par exemple faisant intervenir une masse variable (fusée...) sont hors programme.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Les objectifs généraux de cette partie sont :

- conduire de manière autonome l'étude d'un problème de mécanique : définir le système étudié, choisir un référentiel d'étude éventuellement non galiléen en évaluant les avantages et les inconvénients de ce choix, choisir un système de repérage et une base de projection adaptée au problème, 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.

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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

accélération.

Espace et temps classiques. Référentiel d'observation. 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. On précise la différence entre référentiel et repère. On cite une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut.
Paramétrage d'un point en mouvement. Vecteurs position, vitesse et accélération. Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques, polaires et sphériques. 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. 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 uniforme.	On identifie les degrés de liberté d'un mouvement. On choisit un système de coordonnées adapté au problème. On traite en exercice l'exemple du mouvement hélicoïdal.
Repérage d'un point dont la trajectoire est connue. Expressions intrinsèques de la vitesse et de l'accélération : coordonnée curviligne, rayon de courbure, repère de FRENET. 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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.

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 point matériel.	On définit le point matériel comme un solide dont les dimensions sont négligeables devant une distance caractéristique du système.
Quantité de mouvement. Référentiel galiléen.	On affirme l'existence de référentiels galiléens sans se préoccuper de les rechercher. Les référentiels d'études sont supposés galiléens.
Notion de force. Force de gravitation, poids d'un corps, force électrostatique ou interaction coulombienne, tension du fil, force de rappel élastique, réaction du support, force de LORENTZ, force de frottement fluide linéaire. Poussée d'ARCHIMÈDE. Lois de NEWTON : loi de l'inertie, loi fondamentale de la dynamique du point matériel, loi des actions réciproques.	Les notions de force de gravitation, force de COULOMB, tension d'un ressort, force de frottement, force de Lorentz seront introduites au fur et à mesure du besoin.
Mouvement dans le champs de pesanteur uniforme en l'absence de frottement. 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	On écrit l'équation différentielle sous forme adimensionnée. ***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. Tension d'un fil. Pendule simple.	***Activité numérique :*** *à l'aide d'un langage de programmation, résoudre numériquement l'équation différentielle du deuxième ordre non linéaire et mettre en évidence le non-isochronisme des oscillations.*
Mouvement d'une particule chargée dans un champs électrostatique et magnétique uniforme indépendant du temps dans le vide.	On justifie par un calcul d'ordre de grandeur que le poids d'une particule chargée est négligeable devant la force électromagnétique.

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. Énergie cinétique. Théorèmes de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique.	On signale le caractère moteur ou résistant d'une force dans un référentiel. On précise que la puissance dépend du référentiel.
Champ de force conservative, énergie potentielle. Énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique. Mouvement conservatif. Intégrale première de l'énergie.	On fonde le concept d'énergie potentielle sur l'expression du travail de la force considérée. On calcule les énergies potentielles de pesanteur (g supposé constant), gravitationnelle, coulombienne, élastique.
Application : utilisation d'une représentation graphique de l'énergie potentielle.	On s'intéresse à des mouvements à un seul degré de liberté.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Positions d'équilibre d'un point matériel, stabilité. Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable.	***Activité numérique :*** *à l'aide d'un langage de programmation, tracer du diagramme énergétique $E_m = E_c + E_p$ pour un système conservatif.*

3.4 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.	On explique, à travers un exercice, la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètres, amortisseurs, accéléromètre...).
Analogie avec le dipôle *RLC* série.	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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

3.5 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.

Moment cinétique d'un point matériel par rapport à un point et par rapport à un axe orienté.	On relie la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement.
Moment d'une force par rapport à un point et par rapport à un axe orienté.	On calcule le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.
Théorème du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen, théorème du moment cinétique par rapport à un axe fixe.	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.
Conservation du moment cinétique.	
Application : pendule simple.	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.

3.6 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.

Champ de force centrale. Conservation du moment	On définit une force centrale comme étant une

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

cinétique. Mouvement plan. Loi des aires.	force dont le support passe par un point fixe.
Champ de force centrale conservative. Énergie potentielle. Conservation de l'énergie mécanique. Intégrale première de l'énergie.	L'énergie potentielle est introduite à partir du travail élémentaire de la force centrale considérée.
Cas du champs newtonien. Utilisation d'une représentation graphique de l'énergie potentielle effective pour les interactions gravitationnelle et coulombienne. Relation entre l'énergie mécanique et le type de trajectoire : états liés, états de diffusion. Énoncé des lois de KEPLER. Nature des trajectoires dans le cas d'une force attractive (ellipses, paraboles et hyperboles, existence de trajectoires circulaires). Vitesse de libération. 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. Satellite géostationnaire. 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). La connaissance des formules de BINET, du vecteur excentricité et des invariants dynamiques de LAPLACE ou RUNGE-LENZ n'est pas exigible. 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. On traite l'interaction coulombienne et la diffusion de RUTHERFORD en exercice.
Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération.	On exprime les vitesses cosmiques et on donne leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.

3.7 Dynamique 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Changement de référentiel

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.	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. On admet la relation fondamentale de la dérivation vectorielle.
Vecteur instantané de rotation d'un référentiel par rapport à un autre.	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.
Définition des vitesses et des accélérations dans les deux référentiels.	
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.	
Principe de la relativité galiléenne. Référentiels galiléens. Invariance galiléenne des forces d'interaction. Lois de la dynamique du point en référentiel non galiléen : "forces d'inertie" (pseudo-forces).	On fait remarquer que les forces d'inertie ne résultent pas d'une interaction mais du caractère non galiléen du référentiel utilisé. On insiste sur le fait que l'écriture des lois de la dynamique dans un référentiel non galiléen nécessite la connaissance de son mouvement par rapport à un référentiel galiléen. Les applications concernent uniquement le cas où le référentiel entraîné est en translation ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe.
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.	On précise les conditions dans lesquelles on peut considérer certains référentiels comme galiléen.
Applications : définition du poids d'un point matériel.	Les conséquences de la rotation de la Terre sur le mouvement relatif d'un point matériel ainsi que l'effet de marée sont hors programme.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

4 Thermodynamique

Le programme de cet enseignement 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 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 ΔX comme variation de la grandeur X entre deux états macroscopiques initial et final, δX 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 de diagrammes.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

4.1 Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre

Cette partie met l'accent sur le passage fondamental d'une réalité microscopique à des grandeurs mesurables macroscopiques. Elle propose ensuite, en s'appuyant sur des exemples concrets, de poursuivre la description et l'étude de la matière à l'échelle macroscopique.

Échelles microscopique, mésoscopique et macroscopique.	On définit les trois échelles de description de la matière.
État microscopique et état macroscopique.	On précise les paramètres nécessaires à la description d'un état microscopique et d'un état macroscopique sur un exemple.
Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie). Vitesse quadratique moyenne. Pression cinétique. Température cinétique. Exemples : gaz parfait monoatomique, $E_c = \frac{3}{2}k_B T$ et gaz parfait diatomique, $E_c = \frac{5}{2}k_B T$.	On se limite à évoquer l'homogénéité et l'isotropie de la distribution des vitesses moléculaires d'un gaz. 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. 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. On admet l'expression de la pression cinétique. On calcule l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait. 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 en donne des exemples.
État d'équilibre thermodynamique d'un système soumis aux seules forces de 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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Variables thermodynamiques d'états, pression, température, volume, équation d'état. Grandeur extensive, grandeur intensive. Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible. 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. L'équation d'état du gaz de Van Der Waals peut être donnée.
Coefficients thermoélastiques	On définit les coefficients α, β et χ_T.

4.2 Statique des fluides dans un référentiel galiléen

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

Forces surfaciques, forces volumiques. Champ de pression. Résultante de forces de pression. Équivalent volumique des forces de pression.	On se limite au cas du champs de pesanteur uniforme. 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. Cas d'un fluide incompressible et homogène. Cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait.	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. Cette étude permet de justifier par un calcul d'ordre de grandeur que la pression dans un gaz est en général considérée comme uniforme en thermodynamique.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	Activité numérique : *à l'aide d'un langage de programmation, étudier les variations de température et de pression dans l'atmosphère.*
Poussée d'ARCHIMÈDE.	On admettra le théorème d'ARCHIMÈDE.

4.3 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. Évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme. Notion de transformation quasi-statique et de transformation réversible. 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, monobare et isotherme pour un gaz parfait.	On exploite les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.
Transferts thermiques. Transformation adiabatique. Thermostat, transformations monotherme et isotherme.	On distingue qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement. 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. Premier principe de la thermodynamique : $\Delta U + \Delta E_m = Q_e + W$.	Le premier principe est énoncé dans le cas général faisant intervenir un terme d'énergie mécanique macroscopique. On souligne que le premier principe est un principe de conservation.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Forme infinitésimale : $dU + dE_m = \delta W + \delta Q_e$ Enthalpie d'un système, fonction d'état thermodynamique. Extensivité de l'enthalpie. Capacité thermique à volume constant. Capacité thermique à pression constante.	On insiste sur la démarche pour évaluer le transfert thermique Q_e et de travail W lors d'une évolution d'un système fermé. 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. 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. On insiste sur l'intérêt de ces détentes pour l'étude des fluides réels.
Applications au gaz parfait. Lois de JOULE. 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. 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. 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 : $dU = C(T)dT$. 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 compressibles et peu dilatables.	On interprète graphiquement la différence de compressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	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.

4.4 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 de désordre.
Énoncé du deuxième principe : $\Delta S = S_e + S_c$ avec $S_e = \sum \frac{Q_{ei}}{T_i}$.	On affirme que le second principe est un principe d'évolution.
Forme infinitésimale $dS = \delta S_e + \delta S_c$ avec $\delta S_e = \frac{\delta Q_e}{T_o}$ pour une évolution monotherme.	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. Bilans entropiques. Notion de réversibilité.	On relie la création d'entropie à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.
Expressions différentielles des fonctions d'état.	
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. Applications aux détentes de JOULE–GAY-LUSSAC et JOULE–THOMSON.	
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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Troisième principe de la thermodynamique.	On affirme que le troisième principe est un principe de référence.

4.5 Étude des machines thermiques

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

Machines dithermes : moteur thermique, machine frigorifique et pompe à chaleur. Application du premier principe et du deuxième principe de la thermodynamique aux machines dithermes. Diagrammes de CLAPEYRON et isentropique. 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. 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. On donne quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles.

5 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 $\vec{B}$.

Hormis le gradient, toute utilisation des opérateurs d'analyse vectorielle est exclue en première année.

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.

Les objectifs généraux de cette partie sont :

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

- 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 et 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.

5.1 Champ 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.

Loi de Coulomb dans le vide. Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle et par un ensemble de charges ponctuelles (Principe de superposition).	On donne quelques ordres de grandeur de valeurs de champs électrostatiques.
Distributions macroscopiques de charges réparties, densité volumique de charge. Modélisation à l'aide d'une densité surfacique ou linéique de charge. 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 lo-	On montre le lien entre la circulation du champs électrostatique et le travail de la force électrostatique.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

cale $\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}(V)$. Topographie : lignes de champ, tube de champs et surfaces équipotentielles. Propriétés de symétrie et d'invariance du champs et du potentiel électrostatiques. Caractère polaire du champs électrostatique.	On fait le lien avec la notion de potentiel utilisée dans le cours d'électrocinétique. 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 (champ et potentiel). On pourra pour cela utiliser un logiciel de simulation ou de calcul formel. 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.
Applications	
: champs créé par un segment fini uniformément chargé en un point de son plan médiateur, champs sur l'axe d'un disque uniformément chargé, cas d'un plan et d'un fil illimités, mise en évidence de la discontinuité.	Sur ces exemples, on met en évidence le fait que le champs électrostatique en un point des sources n'est pas défini lorsqu'elles sont modélisées par une densité surfacique ou linéique de charge. Les relations de passages ne sont pas au programme de première année. On donne quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.
Flux du vecteur champs électrostatique. Théorème de GAUSS.	On admet le théorème de GAUSS. 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. Analogie formelle avec le champs de gravitation : théorème de GAUSS pour le champs de gravitation. Application : équivalence du champs de gravita-	On met en évidence l'équivalence du champs électrostatique d'une distribution à symétrie sphérique à celui d'une charge ponctuelle. On transpose le théorème de GAUSS au cas de la gravitation.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

tion d'une distribution à symétrie sphérique à celui d'une masse ponctuelle.	
Énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle dans un champs électrostatique extérieur.	On établit l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champs électrostatique extérieur.
Relation entre la force et le gradient de l'énergie potentielle.	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.
Énergie d'interaction d'un système de charges discret ou continu.	
Étude du condensateur plan dans le vide, expression de sa capacité.	On définit un condensateur plan dans le vide comme la superposition de deux distributions surfaciques, de charges opposées.
Énergie d'un condensateur.	Le calcul des forces exercées sur les conducteurs à partir de l'énergie électrostatique est hors programme.

5.2 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 $-q$. Tout calcul de potentiel électrostatique et de champs électrostatique créés par un dipôle électrostatique est hors programme. On évalue des ordres de grandeur du moment dipolaire dans le domaine microscopique.
Action d'un champs électrostatique extérieur uniforme sur un dipôle électrostatique rigide.	On montre que l'action subie par le dipôle rigide se réduit à un couple de forces.
Énergie potentielle d'un dipôle électrostatique ri-	

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

gide dans un champs extérieur.

5.3 Champ 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. Relation entre l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant volumique. Modélisation à l'aide d'une densité surfacique ou linéique du courant électrique. 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.
Champ magnétostatique $\overrightarrow{B}$: loi de BIOT et SAVART pour les circuits fermés filiformes. Principe de superposition. Description d'un dispositif permettant de réaliser un champs magnétique quasi uniforme.	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. Le potentiel-vecteur est hors programme en première année.
Topographie : lignes de champs et tubes de champ. Cartes de champs magnétique. Propriétés de symétrie du champs magnétostatique. Caractère axial du champ.	Sur des exemples de cartes de champs magnétique (cas d'un aimant droit, d'une spire circulaire et d'une bobine longue), on fait apparaître le lien entre les propriétés de symétrie des sources et celles du champs créé. On peut comparer des spectres magnétiques avec des cartes de champs tracées à l'aide d'un logiciel.
Exemples de calcul de champs magnétostatique : champs d'un segment, d'un fil rectiligne illimité, d'une spire circulaire et d'un solénoïde à section	On fait remarquer que le fil rectiligne illimité modélise un circuit fermé comportant une portion rectiligne dont la longueur est grande devant sa

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

circulaire en un point de leurs axes. Flux du champs magnétostatique, conservation du flux magnétique. Circulation du champs magnétostatique, théorème d'Ampère.	distance au point où le champs $\overrightarrow{B}$ est évalué. Aucune technicité de calcul ne doit être recherchée. On admet que le flux du champs magnétostatique se conserve à travers une surface fermée.
Applications	
fil rectiligne infini, nappe infinie de courant surfacique, solénoïde infini. Mise en évidence de la discontinuité.	On admet le théorème d'Ampère.

5.4 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. Actions d'un champs magnétique extérieur uniforme sur un dipôle magnétique ou un aimant. Positions d'équilibre et stabilité.	On modélise un dipôle magnétique par une spire circulaire. Tout calcul de champs magnétostatique créé par un dipôle magnétique est hors programme. On admet l'expression de la force dans le cas d'un champs non uniforme. Par analogie avec une boucle de courant, on associe à un aimant un moment magnétique.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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.

1. Optique

- Goniomètre ;
- viseur à frontale fixe ;
- lunette auto-collimatrice ;
- spectromètre à fibre optique ;
- laser à gaz et diode laser ;
- sources de lumière spectrales ;
- source de lumière blanche à condenseur.

2. Électronique

- Oscilloscope numérique ;
- carte d'acquisition et logiciel dédié ;
- générateur de signaux électrique Basse Fréquence avec modulation interne en fréquence et sortie d'une tension image de la fréquence ;

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

- alimentation stabilisée en tension ;
- multimètre numérique ;
- multiplieur analogique ;
- microcontrôleur.

3. Mécanique

- Capteur de force,
- accéléromètre ;
- stroboscope ;
- appareil photo numérique ;
- pendule simple et pendule pesant ;
- matériel de chute libre.

4. Thermodynamique

- Capteur de pression ;
- webcam avec logiciel dédié ;
- caméra thermique ;
- thermomètre ;
- thermocouple ;
- thermistance ;
- capteur infra-rouge ;
- calorimètre ;
- machines thermiques dithermes.

5. Électromagnétisme

- Teslamètre ;
- balance de Coton.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

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).

Programme	Savoir-faire 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 on interprète graphiquement la ou les solutions.
Équations différentielles linéaires et non linéaires :	
Équations différentielles linéaires à coefficients constants. Forme canonique.	Identifier l'ordre d'une équation différentielle. 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 est constante ou de la forme $A\cos(\omega t + \varphi)$ (en utilisant la notation complexe).
Autres équations différentielles d'ordre 1 ou 2.	

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Exemples d'équations différentielles non linéaires.	Utiliser l'équation caractéristique pour trouver la solution générale de l'équation sans second membre. Prévoir le caractère borné ou non de ses solutions (critère de stabilité). Trouver l'expression des solutions lorsque $f(x)$ est constante ou de la forme $A\exp(\lambda x)$ avec λ complexe. Trouver la solution de l'équation complète correspondant à des conditions initiales données. Représenter graphiquement cette solution. Obtenir une intégrale première d'une équation de NEWTON $x'' = f(x)$ et l'exploiter graphiquement. Séparer les variables d'une équation du premier ordre à variables séparables. 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.
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 :$(1+x)^\alpha$; $\exp(x)$; $\ln(1+x)$ 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 $\sin^2(x)$

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

Représentation graphique d'une fonction.	
Développement en série de FOURIER d'une fonction périodique.	Déterminer un comportement asymptotique ; rechercher un extremum local. Utiliser des échelles logarithmiques ; identifier une loi de puissance à une droite en échelle log-log. Utiliser un développement en série de FOURIER fourni par un formulaire.
Géométrie dans $\mathbb{R}^2$ et $\mathbb{R}^3$:	
Vecteurs et système de coordonnées.	Exprimer les coordonnées d'un vecteur dans une 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.
Produit vectoriel, interprétation géométrique.	Interpréter géométriquement le produit vectoriel et connaître son expression en fonction des coordonnées dans une base orthonormée directe.
Utiliser la bilinéarité et le caractère antisymétrique du produit vectoriel. Faire le lien avec l'orientation des trièdres.	
Produit mixte.	Utiliser la bilinéarité et le caractère symétrique du produit scalaire.
Notions de dérivée temporelle d'un vecteur dans un référentiel donné.	
Transformations géométriques, symétries par rapport à un plan, translations et rotations de l'espace.	
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. Reconnaître l'équation cartésienne d'une droite, d'un cercle. Utiliser la représentation polaire d'une

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

	courbe plane ; utiliser un grapheur pour obtenir son tracé. 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 $\varphi = \pi$. Citer les expressions du périmètre d'un cercle, de l'aire d'un disque, de l'aire d'une sphère, du volume d'une boule, du volume d'un cylindre. Énoncer la définition du barycentre. Utiliser son associativité.
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. 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. Citer les formules d'addition et de duplication des cosinus et sinus ; utiliser un formulaire dans les autres cas.
Notation complexe, utilisée pour la résolution de l'équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants dont le second membre est	Calculer et interpréter géométriquement la partie réelle, la partie imaginaire, le module et l'argument d'un nombre complexe.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

une fonction sinusoïdale du temps.	
Analyse vectorielle :	
Gradient d'un champs scalaire, lien entre le gradient et la différentielle. Citer l'expression de la différentielle en fonction des dérivées partielles. Citer l'expression du gradient en coordonnées cartésiennes ; utiliser un formulaire fourni en coordonnées cylindriques ou sphériques. 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.	On fait le lien entre le gradient et la différentielle.

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 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 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Électronique
Optique
Mécanique
Thermodynamique
Électromagnétisme
ANNEXES
Liste de matériel de physique
Outils mathématiques pour la physique
Outils numériques pour la physique

année.

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. 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. 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. 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. Utiliser la fonction `random.normal` de la bibliothèque numpy (sa spécification étant fournie) pour simuler un processus aléatoire.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Chimie

1 Préambule

1.1 Objectifs de formation en physique

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 ». 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.

La filière TSI, accueille des élèves issus de l'enseignement technique. Ce sont des élèves habitués

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

au concret et il est toujours plus facile pour eux de partir du particulier vers le général. Cette particularité se reflète dans le contenu du programme de chimie de cette filière.

L'enseignement de la chimie, comme matière à part, permet aux élèves l'acquisition de notions théoriques, du savoir-faire expérimental mettant en jeu les techniques et les outils de modélisation et de simulation de base et la connaissance de certaines applications qui présentent ou illustrent les concepts et les notions fondamentaux de la chimie. L'objectif est d'amener les élèves à acquérir des connaissances de base en chimie et des savoir-faire théoriques et expérimentaux, leur permettant d'accéder à un niveau de base suffisant pour continuer leur formation ultérieure dans les meilleures conditions, et aborder ainsi avec sérénité leurs futures activités scientifiques ou professionnelles. Dans l'immédiat la formation reçue permettra aux élèves d'être mieux armés pour affronter avec confiance les différents concours qui leurs sont destinés. Les passerelles jetées entre les classes préparatoires et l'université permettront à certains élèves d'intégrer l'enseignement universitaire.

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 à le familiariser, le plus possible, avec les méthodes et le matériel utilisés en chimie.

Dans les cours, on tâchera à montrer que la chimie est une science vivante en multipliant les exemples tirés des différentes productions industrielles de la chimie ou des transformations chimiques qui se déroulent dans la nature. 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.

L'enseignement de la chimie est enrichi par l'introduction d'activités numériques qui permettront d'aborder de nombreux champs de la discipline. Cette introduction 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 TSI inclue l'utilisation de fonctions extraites de diverses bibliothèques. Elle vise à une meilleure appréhension des principes mis en oeuvre par les différents logiciels de traitement des données dont l'utilisation est par ailleurs toujours recommandée. Elle a

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 capacités 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, 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 oeuvre 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,

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 ;
- 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 ;

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

- 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 TSI ;
- 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 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

attendues des élèves.

Rappelons que la voie TSI s'adresse aux élèves présentant des bases solides dans les disciplines scientifiques et technologiques et intéressés par une approche des sciences fondamentales basées sur l'expérimentation et la modélisation, désirant comprendre le fonctionnement des différents objets et ayant des facilités pour la manipulation. 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 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 trois 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 trois thèmes de cette partie dans l'ordre suivant :

I **Chimie des solutions aqueuses**
II **Évolution temporelle d'un système chimique**

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

III Relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopiques

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 oeuvre 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 TSI.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Formation expérimentale

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 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.

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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

- 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 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 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 problématique clairement identifiée et, chaque fois que cela est possible, l'acquisition de savoir et

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 oeuvre 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 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.

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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

figure dans l'annexe **1. 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.

2.1 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.

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.*

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).

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

	Associer un intervalle de confiance à l'écart-type dans l'hypothèse d'une distribution suivant la loi normale.
Incertitude-type composée. 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. Comparer entre elles les différentes contributions lors de l'évaluation d'une incertitude-type composée. ***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. 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. 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. Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude ou analyse des écarts normalisés. ***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*

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

	Monte-Carlo – pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle

2.2 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.*

Prévention des risques au laboratoire	
	Adopter une attitude responsable et adaptée au travail en laboratoire. 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,	Adopter une attitude responsable lors de l'utilisa-

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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…	tion 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. 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 mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé et la qualité du travail.	Adopter une attitude responsable lors de l'utilisation des émetteurs d'onde infrasonores, sonores ou ultrasonores.
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,

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

celui qui minimise les impacts environnementaux.

2.3 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. Les connaissances et les savoir-faire expérimentaux développés 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. Ils 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.*

Solutions aqueuses

1. Initiation aux TP de chimie. Préparation de solutions aqueuses.	■ Sélectionner et utiliser le matériel adapté à la précision requise ; ■ Distinguer les instruments de verrerie In et Ex ; ■ 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.
2. 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.
3. Dosage pH-métrique et conductimétrique acide faible /	■ Savoir choisir l'électrode de mesure adaptée ; ■ Étalonner une chaîne de mesure si nécessaire ;

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

base forte (degré d'acidité d'un vinaigre, vitamine C,$\cdots$)	
4. Dosage pH-métrique et conductimétrique d'un polyacide par une base forte (H_3PO_4 d'un soda, jus d'orange, jus de citron...)	■ Mettre en oeuvre un protocole expérimental correspondant à un titrage direct et à un titrage indirect. ■ 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.
5. Dosage complexométrique (détermination de la dureté d'une eau ou pouvoir complexant).	■ Déterminer la dureté d'une eau ou pouvoir complexant ; ■ Déterminer une constante d'équilibre ; ■ Mettre en oeuvre 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.
6. Étude d'une réaction de précipitation, détermination de K_s.	■ Tester l'influence de différents paramètres sur l'état d'équilibre d'un système ; ■ Réaliser une pile électrochimique et étudier son fonctionnement ; ■ Prévenir les risques chimiques, électriques et optiques.
7. 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.
Cinétique des systèmes chimiques	
8. Étude cinétique d'une réaction chimique par spectrophotométrie Détermination de l'ordre partiel par rapport à un réactif.	■ 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.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Structure et organisation de la matière solide	
9. Utilisation d'un logiciel et/ou des modèles cristallins	■ Visualiser et se familiariser avec les structures cristallines les plus simples ; ■ 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.

2.4 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 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/ou visualisées, les photos des

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 oeuvre.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 exigibles, d'autre part, des commentaires ainsi que les *activités numériques*, supports de la formation. Les *activités numériques* sont identifiées en *caractères spécifiques* ; 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 la chimie 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 chimiques 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 mettre en œuvre leurs

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

connaissances en informatique dans le cadre de l'étude d'une application en chimie.

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

Partie	VH	Page
1. Chimie des solutions aqueuses		
1.1. Description d'un système fermé siège d'une transformation chimique	3	151
1.2. Réactions acide-base	6	153
1.3. Réactions de complexation	4	153
1.4. Réactions de dissolution ou de précipitation	4	154
1.5. Réactions d'oxydoréduction	8	154
2. Évolution temporelle d'un système chimique		
2.1. Évolution temporelle d'un système chimique	6	156
3. Relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopiques		
3.1. Structure électronique de l'atome	6	159
3.2. Structure électronique des molécules	4	160
3.3. Relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopiques	4	161
3.4. Structure microscopique et organisation de la matière solide	2	162
4. Structure microscopiques et organisation de la matière solide		
4.1. Modèle du cristal parfait	4	164
4.2. Structures des corps composés ioniques et binaires	2	165
4.3. Cristaux covalents et moléculaires	2	165

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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, 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 rigoureusement et quantitativement, en l'occurrence dans le cas des solutions aqueuses, par une seule

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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

Transformations de la matière	
Transformations physique, chimique, nucléaire. États de la matière : gaz, liquide, solide. Notion de phase. 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.
Système physico-chimique	
Espèces physico-chimiques. Corps purs et mélanges : concentration en quantité de matière et en masse, fractions molaire et massique, pression partielle pour un mélange idéal de gaz parfaits. Solution, soluté, solvant. Variables intensives et extensives. Composition d'un système physico-chimique.	Il s'agit de recenser les espèces physico-chimiques présentes dans le système. Il s'agit de décrire la composition d'un système à l'aide des grandeurs physiques pertinentes.
Transformation chimique d'un système	
Modélisation d'une transformation chimique par une ou plusieurs réactions chimiques. Écriture conventionnelle de l'équation-bilan d'une réaction chimique. Activité d'une espèce chimique, quotient réactionnel.	On affirme l'expression de l'activité d'une espèce chimique pure ou dans un mélange dans le cas de

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Constante thermodynamique d'équilibre $K^o(T)$.	solutions aqueuses très diluées ou de mélanges de gaz parfaits avec référence à l'état standard. 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 ξ de réaction et l'expression du quotient de réaction, vue dans les classes antérieures, en fonction des activités des espèces. 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. ***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.*
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. On insiste sur le cas du proton. Dans les classes antérieures, il est souvent noté H^+_{aq} . On présentera la formule $H_3O^+_{aq}$ recommandée par l'UICPA ([1]).

1. Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

1.2 Réactions acide-base

Couple acide - base de BRONSTED. Couples acide-base de l'eau. 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.	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. On se limite aux espèces solubles.
Réaction acide-base : échange protonique entre l'acide d'un couple et la base d'un autre couple. Constante d'acidité d'un couple en solution aqueuse K_a, pK_a.	
Diagramme de prédominance, diagramme de distribution des espèces acide-base en fonction du pH.	On présente l'échelle de force d'acidité des acides pour la même concentration. Les courbes représentant les concentrations de l'acide et de la base conjuguée en fonction du pH sont exigibles.
Prévision du caractère total de la réaction par évaluation de ΔpK_a. Règle du γ.	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.
Cas où plusieurs réactions acide-base sont possibles, réaction prépondérante.	Seules sont envisagées les situations où une réaction prépondérante, permet de déterminer l'état final d'un système. On privilégie l'utilisation des diagrammes pour valider le choix de la réaction mise en jeu.

1.3 Réactions de complexation

Couple donneur-accepteur de ligand. Constante d'équilibre de la réaction de dissociation :	On introduit la nomenclature des complexes au fur et à mesure des besoins.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

$ML_n \rightleftharpoons M^{n+} + nL^-$ Constante de formation. Domaines de prédominance du complexe et de l'ion libre en fonction de pL. Constante de formation globale.	Sur des exemples on traitera la compétition entre deux ligands ou entre deux centres métalliques.

1.4 Réactions de dissolution ou de précipitation

Réactions de dissolution. Constante de l'équation de dissolution, constante de solubilité K_s. Solubilité et condition de précipitation.	L'étude sera menée en utilisant la comparaison entre le quotient de réaction à la constante de solubilité. 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. On utilise 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 soluble et de la formation d'un autre précipité. On traite le cas d'un hydroxyde métallique amphotère en exercice.

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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

aqueuse sont réinvestis.

Réactions d'oxydoréduction	
Couple oxydant-réducteur. Nombre d'oxydation. Exemples usuels : nom, nature et formule des ions thiosulfate, permanganate, dichromate, hypochlorite, du peroxyde d'hydrogène. Réaction d'oxydoréduction par transfert d'électron entre le réducteur d'un couple et l'oxydant d'un autre couple.	On rappelle brièvement les notions suivantes, vue dans les classes antérieures : réaction d'oxydoréduction, oxydant, réducteur et couple redox. On prévoit les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique. 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).
Piles électrochimiques	
Approche phénoménologique d'une pile électrochimique : existence d'un courant, déroulement d'une réaction chimique, polarité des électrodes, anode et cathode, force électromotrice, capacité électrique d'une pile. Notion de potentiel d'électrode. Nécessité d'un potentiel origine : électrode standard à hydrogène. Autres électrodes de références. Potentiels standard. Formule de NERNST.	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. 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. Diagramme de prédominance ou d'existence de l'oxydant et du réducteur en fonction du potentiel.	On exploite l'unicité du potentiel de la solution. On utilise les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Aspect thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction. Intérêt d'une échelle de potentiels standard pour la prévision des réactions d'oxydoréduction. Dismutation et médiamutation.	On prévoit qualitativement ou quantitativement le caractère thermodynamiquement favorisé ou défavorisé d'une réaction d'oxydoréduction. Dans certains cas, que l'on précise à l'aide de quelques exemples, l'écart de potentiels standard peut renseigner sur le caractère quantitatif de la réaction.

2 Évolution temporelle d'un système chimique

Cette partie s'intéresse à l'étude de l'évolution temporelle d'un système chimique siège d'une réaction chimique. Elle 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 oeuvre 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.
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 oeuvre pour déterminer l'état final d'un système ou pour exploiter des résultats expérimentaux et les confronter à des

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

modèles.

Vitesses en cinétique chimique : – Vitesses de consommation d'un réactif et de formation d'un produit dans le cas d'un réacteur fermé de composition uniforme. – 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. 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 Réaction avec ordre et coefficient de vitesse[2]. Réaction sans ordre. Loi d'Arrhénius, énergie d'activation.	On souligne que l'ordre est une notion expérimentale.
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.
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

2. Nouvelle appellation de la constante de vitesse selon la recommandation de l'UICPA (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée)

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Temps de demi-réaction.	d'un ordre donné. 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 stoechiométriques). On rappelle le temps de demi-vie d'un nucléide radioactif lors d'une transformation nucléaire. ***Activité numérique :*** *mettre en oeuvre la méthode d'Euler à l'aide d'un langage de programmation pour simuler l'évolution temporelle de la concentration des constituants.*

3 Relations entre la structure des entités chimiques et les propriétés physiques macroscopiques

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) ;

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

- 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.

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. Électrons, protons, neutrons. Le noyau : nombres Z, A, isotopes. 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.
Spectres d'émission et d'absorption de l'atome d'hydrogène : constante de Rhydberg. Niveaux d'énergie électroniques : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (eV).	Toute étude de l'équation de Schrödinger est hors programme. L'expérience permet de relier, dans le cas de l'atome d'hydrogène, l'énergie au nombre quantique n. On donnera l'expression de l'énergie dans le cas des hydrogénoïdes.
Existence de niveaux d'énergie quantifiés dans l'atome. Définition des nombres quantiques n, l, ml et ms. Orbitale atomique. Principe de Pauli. Configuration électronique d'un atome et d'un	On se contente de la représentation des orbitales atomiques s, p et d sans chercher à expliciter les expressions mathématiques des fonctions d'onde.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

ion monoatomique à l'état fondamental : règles de remplissage des cases quantiques (HUND et KLECHKOWSKY). Électrons de cœur et de valence.	
Classification périodique des éléments	
Architecture et lecture de la classification périodique : familles chimiques, structure en blocs. Périodicité des propriétés : évolution de quelques propriétés atomiques : énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité (au sens de MULLIKEN). Les ions : définition, charges, exemples d'ions simples et d'ions complexes.	On présente la classification périodique en 18 colonnes recommandée par l'UICPA. On signale l'existence d'autres échelles d'électronégativité : PAULING et ALRED-ROCHOW. Pour les ions simples des colonnes I, II et VII, on interprète leur existence à partir de la classification périodique.

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. Schéma de LEWIS d'une molécule ou d'un ion monoatomique ou d'un ion polyatomique pour les éléments des blocs *s* et *p*. Règle de l'octet et du duet.	Toute théorie de la liaison covalente est hors programme. Les structures étudiées font intervenir les 18 premiers éléments chimiques, en plus du brome et de l'iode. Des exemples montrent les limites de la règle de l'octet.
Géométrie et polarité des entités chimiques	
Prévision de la géométrie de quelques ions et mo-	Les structures étudiées font intervenir les 18 pre-

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

lécules simples par la méthode de répulsion des paires électroniques de la couche de valence (méthode VSEPR ou règles de GILLESPIE). Électronégativité : liaison polarisée, molécule polaire, moment dipolaire.	miers éléments chimiques, en plus du brome et de l'iode. On se limite aux formules AX_nE_m avec $n+m \leqslant 4$ et aux formules AX_5 et AX_6. On relie l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent à la structure géométrique donnée d'une molécule. 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 chimiques 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. Liaison hydrogène (interaction par pont hydrogène). 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. On interprète les propriétés physiques de corps purs par l'existence d'interactions de VAN DER WAALS ou de liaisons hydrogène intermoléculaires.
Solubilité ; miscibilité	
Grandeurs caractéristiques et propriétés de solvants moléculaires : moment dipolaire, permittivité relative, caractère protogène.	On interprète la miscibilité ou la non-miscibilité de deux solvants. On justifie le choix d'un solvant adapté à la disso-

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Mise en solution d'une espèce chimique moléculaire ou ionique.	lution d'une espèce donnée, à la réalisation d'une extraction et aux principes de la Chimie Verte.

3.4 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.

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.

Les notions sur les cristaux parfaits présents dans cette partie ne doivent conduire à aucun calcul de cristallographie, si ce n'est celui de la valeur de la masse volumique d'un cristal parfait.

La connaissance de la maille cubique à faces centrées (cfc) est exigible. La constitution d'autres structures cristallines est fournie.

Généralités	
État solide : solides amorphes, solides cristallins, solides semi-cristallins ; variétés allotropiques.	Ce paragraphe est une courte introduction où on présente l'état cristallin comme un cas particulier de l'état solide.
Modèle du cristal parfait	
Outils de description de la structure cristalline : réseau, noeud, maille et motif.	On présente le modèle des sphères dures. Les réseaux de BRAVAIS ne sont pas au programme.
Empilements compacts de sphères dures identiques : arrangements hexagonal compact et cubique à faces centrées.	On utilise un logiciel ou des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels et pour déterminer les paramètres géométriques.
Exemple de la structure cubique faces centrées (cfc)	
Description de la structure cfc. Population et coordinence. Compacité et masse volumique.	

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Sites interstitiels, sites tétraédriques et sites octaédriques.	
Différents types de cristaux	
bprogram Cristaux métalliques : exemples de cristaux compacts (hc et cfc) et non compacts (cc) Cristaux ioniques : description de la structure de type CsCl, NaCl et ZnS blende. Cristaux covalents.	Toute étude des propriétés de la liaison métallique est hors programme. On traite en exercice, la coordination des ions, les rayons ioniques, la masse volumique sur un exemple de structure ionique. Les cristaux moléculaires sont hors programme.

4 Structure microscopiques et organisation de la matière solide

Il s'agit ici de donner un aperçu sur la structure microscopiques 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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

4.1 Modèle du cristal parfait

On décrit un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques.

Généralités	
Solides amorphes, solides cristallins, solides semi-cristallins ; variétés allotropiques. 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. Population (nombre de motifs), compacité, coordinence, masse volumique. Rayon métallique, covalent, de VAN DER WAALS ou ionique.	On présente le modèle des sphères dures. On montre le calcul de ces grandeurs dans le cas général. 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. On examine ici les deux façons les plus courantes : hc et cfc. On détermine la coordinence. 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. 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

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

	que la compacité et la masse volumique.
Sites interstitiels cristallographiques : site cubique, interstices octaédriques, interstices tétraédriques.	Il est possible d'utiliser un logiciel pour visualiser les sites. 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. Condition de stabilité.	On traitera un exemple de variété allotropique en exercice.

4.2 Structures des corps composés ioniques et binaires

Cohésion et propriétés physiques des solides ioniques. 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).	On présente chaque structure et calculera la coordinence, la compacité ainsi que le nombre de motifs par maille. On explique la stabilité de la structure en donnant la condition sur les rayons des cations et des anions. 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. On justifie que le carbone graphite est conducteur

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Structure de la glace : type diamant.	électrique. 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 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.

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
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

- 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 oeuvre 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).

Programme	Savoir-faire 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 on interprète graphiquement la ou les solutions.
Équations différentielles linéaires et non linéaires :	
Équations différentielles linéaires à coefficients constants. Forme canonique.	Identifier l'ordre d'une équation différentielle. Trouver la solution générale de l'équation sans second membre (équation homogène).

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

Équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants : $y' + ay = f(x)$.	Trouver la solution de l'équation complète correspondant à des conditions initiales données. Représenter graphiquement cette solution. Faire le lien entre les conditions initiales et le graphe de la solution correspondante.
Fonctions usuelles.	Exponentielle, logarithme népérien et décimal, cosinus, sinus, tangente, puissance réelle ($x \longrightarrow x^a$).
Dérivée. Dérivée d'une fonction composée. Dérivée temporelle d'une fonction, notation $\frac{dx}{dt}$.	Connaître et utiliser les développements limités à l'ordre 1 des fonctions : $(1+x)^\alpha$; $\ln(1+x)$ et $\exp(x)$.
Primitive et intégrale. Valeur moyenne. Représentation graphique d'une fonction.	

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 des connaissances et des savoir-faire utiles à la chimie comme le raisonnement, la logique ou la décomposition d'un problème complexe en étapes plus simples.

Préambule
Formation expérimentale
Objectifs de la formation expérimentale
Organisation de la formation expérimentale
Contenus thématiques
Chimie des solutions aqueuses
Évolution temporelle d'un système chimique
Relations entre la structure et les propriétés physiques
Structure microscopiques et organisation de la matière solide
ANNEXES
Liste de matériel de chimie
Outils mathématiques pour la chimie
Outils numériques pour la chimie

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 chimie de seconde année.

Programme	Savoir-faire exigible
1. Outils nuériques	
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.
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. 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).
3. 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
4. Équations différentielles	
Équations différentielles	Mettre en oeuvre la méthode d'Euler explicite afin de résoudre

d'ordre 1.	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. Utiliser la fonction `odeint` de la bibliothèque `scipy.integrate` (sa spécification étant fournie).
5. Probabilités – statistiques	
Variable aléatoire.	Utiliser les fonctions de base des bibliothèquesrandom et/ou numpy (leurs spécifications étant fournies) pour réaliser des tirages d'une variable aléatoire. 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. Utiliser la fonction `random.normal` de la bibliothèque numpy (sa spécification étant fournie) pour simuler un processus aléatoire.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

Sciences industrielles pour l'ingénieur/Génie Électrique

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 leur 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 nécessitantes la conception de systèmes innovants le plus souvent pluri-technologiques répondants 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 matière 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
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

2 PRESENTATION

2.1 Objectifs de la formation

L'enseignement des sciences industrielles de 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 des processus industriels. 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 communication, de travail en équipe, d'autocritique et d'ouverture.

Les compétences acquises doivent constituer une plateforme solide sur laquelle s'appuiera la formation dispensée dans les grandes écoles. Dans ces écoles, il s'agira d'approfondir les connaissances acquises en CPGE, d'introduire et de découvrir de nouvelles connaissances et compétences propres aux différents profils de formation pour le métier d'ingénieur.

En cohérence avec les objectifs du cycle initial de la formation aux métiers de l'ingénierie, ce programme contribue à l'approche pédagogique basée sur les STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

2.2 Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant

L'approche des enseignements en S.I.I. 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

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

expérimentation.

L'illustration de la figure 5.1 montre les trois représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées (Démarche d'ingénieur).

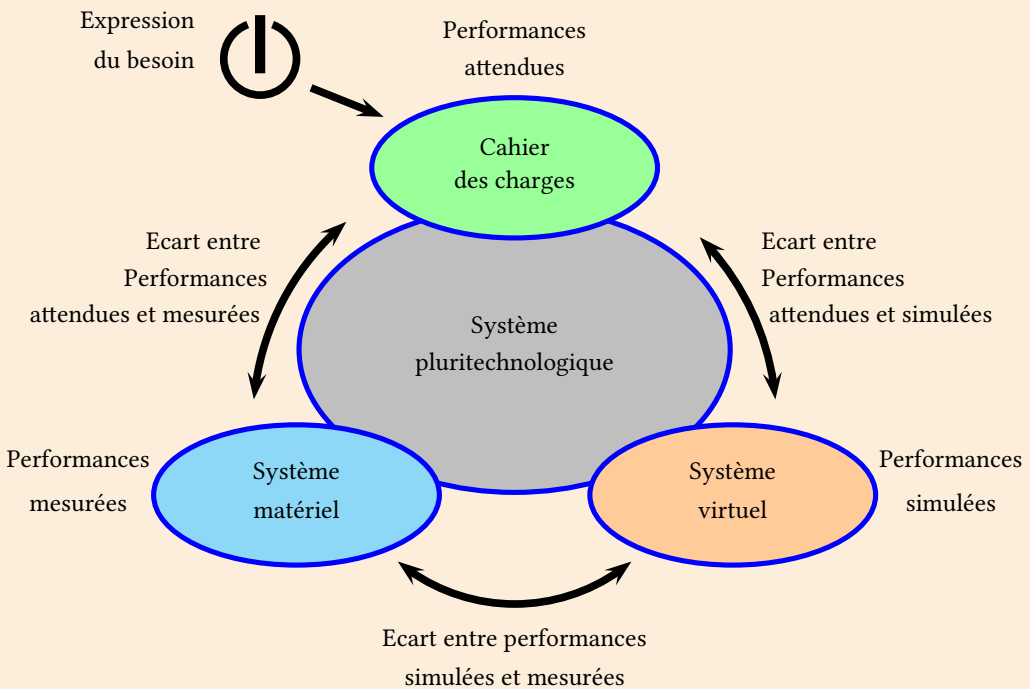

FIGURE 4.1 – Représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées

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

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

virtuel et le système matériel) ;

- comparer les performances issues de ces trois réalités ;
- 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 fonction-

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

nement, 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 performances de systèmes complexes en s'affranchissant de la maîtrise d'outils mathématiques spécifiques ;
- **Expérimenter** : permet d'appréhender le comportement des systèmes, de mesurer, d'évaluer et de modifier les performances. Les activités expérimentales sont au cœur de la formation et s'organisent autour de produits industriels instrumentés ou de systèmes didactisés utilisant des solutions innovantes. Elles permettent de se confronter à la complexité de la réalité industrielle, d'acquérir une culture des solutions technologiques, de formuler des hypothèses pour modéliser le réel, d'en apprécier leurs limites de validité, de développer le sens de l'observation, le goût du concret et la prise d'initiative ;
- **Concevoir** : permet de modifier l'architecture des systèmes pour satisfaire un cahier des charges. Elle permet également de faire évoluer le comportement des systèmes. Elle développe l'esprit d'initiative et la créativité des élèves ;
- **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 ;
- **Réaliser** :Réaliser tout ou partie d'un prototype.

2.4 Activités d'enseignement.

- **Cours – TD** : 2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin ;
- **Travaux pratiques** : 1h30 mn hebdomadaires par demi-classe découpée en groupes ;
- **T.I.P.E** : 2 heures hebdomadaires ;
- **Colles** : 0,5 heure par élève par semaine.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

2.5 Organisation du programme et volumes horaires

Partie	VHI[3]	Trim.
1. Ingénierie système		
SysML : diagramme d'état de séquence et de blocs internes	7	Trim. 1
2. Chaîne de puissance		
Alimentation en énergie et stockage de l'énergie	17,5	Trim. 1
Conversion électromécanique : machine à courant continu (MCC)	14	Trim. 1
Conversion continu-continu : les hacheurs	10,5	Trim. 2
3. Automatique et modélisation		
Introduction à l'asservissement	7	Trim. 2
Analyse et identification des systèmes asservis	10,5	Trim. 2
Les capteurs et détecteurs	7	Trim. 2
4. chaîne d'information		
Les amplificateurs linéaires intégrés	10,5	Trim. 3
Les filtres électriques	14	Trim. 3
Les convertisseurs CAN et CNA	7	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 (Annexe 1) ;

3. Volume horaire indicatif des activités pour, cours, TD et TP confondues en heures

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

- 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.

Les méthodes numériques sont introduites au fur et à mesure, en fonction des besoins de la formation

Premier trimestre

1 Ingénierie système

A.1 Diagrammes d'Ingénierie Système – SysML

Diagramme d'état (stm) : État, transition, événement, condition de garde, activité et action. Diagramme de séquence (sd) : Lignes de vie, messages asynchrones et synchrones, boucles. Diagramme de blocs internes (ibd) : Flux de matière, d'énergie et d'information (définition, nature et codage)	**Interpréter** tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système séquentiel. **Décrire** le comportement d'un système séquentiel. **Identifier** l'architecture structurelle d'un système. **Identifier** la nature des flux échangés traversant la frontière d'étude. **Identifier** la nature des flux échangés entre les différents constituants. L'évolution temporelle des états et des variables d'un diagramme d'états est représentée sous la forme d'un chronogramme. (stm, ibd) peuvent être proposés à lire, à compléter ou à créer en s'appuyant sur un document fourni présentant la syntaxe.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

	Les diagrammes de séquence ne peuvent être proposés qu'en lecture. Les autres diagrammes SysML sont traités en génie mécanique.

2 Chaîne de puissance

B.1 Alimenter en énergie et stocker l'énergie

Sources d'énergies. Variables potentielles, variables de flux. Réseaux de distribution monophasée et triphasée équilibré. Diagramme de Fresnel. Circuits en régime alternatif sinusoïdal. Puissance active (continu, monophasé et triphasé en régime alternatif sinusoïdal). Puissances apparente, réactive et facteur de puissance, en monophasé et triphasé en régime alternatif sinusoïdal.	**Donner** et utiliser la relation entre tension simple et tension composée. **Donner** et utiliser la relation entre les courants dans le cas d'un régime équilibré. **Calculer** une puissance en triphasé équilibré **Donner** le couplage à effectuer en fonction des caractéristiques du réseau et du récepteur utilisé **Déterminer** les signaux électriques dans les circuits.
Dispositifs de stockage d'énergie (différentes technologies et leurs principales applications) Adaptation des niveaux de tension et isolement galvanique (transformateur monophasé parfait)	**Caractériser** un constituant de la chaîne de puissance. **Choisir** la technologie des constituants de la chaîne de puissance. On se limite aux charges équilibrées. Les dispositifs de stockage sont limitées aux : piles, batteries, super-condensateurs et volants d'inertie. Les choix seront faits à partir de documents techniques fournis en prenant en compte l'impact environnemental. Les étudiants doivent être capables de justifier un choix qualita-

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

	tif de constituants de la chaîne de puissance.

B.2 Conversion électromécanique : machine à courant continu

Principe de la conversion électromécanique. Bilan de puissance. Traçage de la Caractéristiques mécaniques. Association convertisseur - machine - charge. Modèle électromécanique de la machine à courant continu à excitation séparée ou à aimant permanent ;	**Interpréter** la plaque signalétique d'une machine. **Donner** et utiliser le modèle électrique de l'induit en régime permanent (E, R) et/ou en régime dynamique (E, R, L). **Faire** un bilan des puissances et/ou établir le rendement **Définir** les quatre quadrants de fonctionnement et donner les caractéristiques des grandeurs dans chaque quadrant. **Donner** l'allure des courbes de charge d'un moteur. **Donner** l'équation fondamentale de la dynamique pour un système en rotation. **Reconnaître** l'expression d'un couple de frottement visqueux. **Interpréter** la présence d'un réducteur pour exprimer les vitesses l'une par rapport à l'autre. La réaction de l'induit est hors programme. Le modèle de l'induit est donné sans justification, il est de type RLE (résistance d'induit R, inductance d'induit L, et force contre électromotrice E). Le fonctionnement des machines est qualifié en régime permanent dans les quatre quadrants. Dimensionnement sur critères énergétiques : couple quadratique (thermique) équivalent. La physique des convertisseurs électromécaniques (machines électriques) n'est pas au programme.

B.3 Conversion continu-continu : les hacheurs

■ caractéristiques ; ■ réversibilité ; ■ domaines d'applica-	**Calculer** la valeur moyenne de la tension de sortie d'un hacheur dont on donne le schéma. **Établir** l'équation différentielle et donner l'expression de l'intensité en

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

tion	sortie d'un hacheur sur charge L E, la représenter graphiquement. **Exploiter et compléter** éventuellement les chronogrammes de fonctionnement d'un hacheur. **Déterminer** l'intensité moyenne en sortie d'un hacheur sur charge R L E si, à tout instant $R.i$, est négligeable devant $L\frac{di}{dt}$. **Expliquer** le principe de la commande d'une machine à courant continu dans les quatre quadrants par un hacheur en pont et calculer la tension moyenne dans des cas simples. **Énoncer** qu'un hacheur élévateur de tension converti une tension continue en une autre tension continue plus élevée. Les convertisseurs statiques continu – continu au programme sont les hacheurs série, parallèle et 4 quadrants La conduction est supposée continue Les interrupteurs sont supposés parfaits La charge est une source de courant ou une L-E. On se limite à la conversion directe non isolée Les pertes en commutation ne font pas l'objet de calcul ; On insiste sur les formes d'onde. Le dimensionnement peut se faire à partir des exigences et d'une documentation technique tout en respectant les enjeux environnementaux.

Deuxième trimestre

3 Automatique et modélisation :

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

C.1 Introduction à l'asservissement :

Structure d'un système asservi : chaîne directe et chaîne de retour, Consigne et perturbations asservissement / régulation.	**Identifier** la structure d'un système asservi. **Élaborer, manipuler et réduire** les schéma-blocs. **Établir** un modèle de connaissance par des fonctions de transfert.
Modélisation et comportement des systèmes linéaires continus et invariants SLCI. Modélisation par équations différentielles. Représentation par fonction de transfert. Non-linéarités : saturation, hystérésis … Fonctions de transfert : boucle ouverte et boucle fermée Fonction d'usage courant dans l'automatique (impulsion ; échelon ; rampe)	La présentation de la transformée de Laplace se limite à son énoncé et aux propriétés strictement nécessaires à ce cours. Le théorème de la valeur finale est donné sans démonstration. La transformée de Laplace inverse est hors programme. Les systèmes multi-physiques sont limités aux domaines de l'électricité, de la mécanique et de la thermique.

C.2 Analyse et identification des systèmes asservis :

Système du 1èr et du 2ème ordre : réponse temporelle (échelon et signal sinusoïdal) et fréquentielle (Lieu de BODE uniquement) Linéarisation autour d'un point de fonctionnement Représentation par schémas-blocs Identification à l'aide d'une réponse indicielle et/ou d'une ré-	**Déterminer** la réponse d'un circuit à un échelon. **Caractériser** les familles de réponse indicielle du second ordre en fonction du facteur d'amortissement. **Déterminer** la fonction de transfert d'un asservissement de vitesse avec correcteur. **Déterminer** la fonction de transfert d'un moteur commandé par l'induit en utilisant la transformée de Laplace et énoncer que la fonction de transfert se réduit en pratique à un modèle du premier ordre.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

ponse harmonique pour les systèmes du 1èr et du 2ème ordre. Pôles dominants et réduction du modèle.	Les systèmes à retard pur sont traités par des applications. Les représentations dans les plans de Nyquist et de Black sont hors programme. L'étude théorique des systèmes non linéaires est hors programme.

4 Chaîne d'information

D.1 Capteurs et détecteurs

Place du capteur dans la chaîne de l'information. Classification des capteurs. Fonction de base et structure fonctionnelle de la chaîne d'acquisition de l'information. nature des grandeurs physiques d'entrée et de sortie. (P) Caractéristiques métrologiques : Étendue de mesure, sensibilité, résolution, justesse, fidélité, précision et temps de réponse. Paramètres d'un capteur communicant. (I)	**Définir** la sensibilité et fidélité d'un capteur ; conditionnement du signal fourni **Identifier** les capteurs dans la chaîne d'information d'un système ; Définir la nature des informations d'entrée et de sortie d'un capteur ; **Justifier** leur choix au regard du cahier des charges fourni et la grandeur physique à mesurer ; **Extraire** de la documentation fournie les valeurs numériques caractéristiques des solutions techniques retenues Les phénomènes physiques régissant le fonctionnement des capteurs sont étudiés en physique. (P) Les phénomènes physiques mis en œuvre dans divers capteurs (piézoélectricité, variation de résistance, effet Hall, effet Seebeck …) sont présentés d'une manière simplifiée. On insiste sur les capteurs de position (codeurs optiques), de déplacement, de vitesse, et de température. Les étudiants doivent être capables de justifier un choix qualitatif de constituants de la chaîne d'information.

D.2 Amplificateurs linéaires intégrés

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

ALI : opérations élémentaires (addition, soustraction, multiplication, saturation, intégration). (P)	**Proposer** des structures adaptées au cahier des charges imposé. **Effectuer** des traitements à partir des données de mesures expérimentales (I). Les ALI sont traités en physique à partir d'un modèle parfait en tant que structure. En GE, seule une approche fonctionnelle est utilisée. (P) Le comportement fréquentiel des ALI en particulier le produit gain × bande passante, est étudié dans le cas d'un système asservi avec une fonction de transfert en boucle ouverte du 1er ordre.

Troisième trimestre

5 Filtres électriques (P)

La fonction filtrage. Représentation temporelle et spectrale. Approche par gabarit. Fonction de transfert isomorphe. Filtres passifs du 1er et du 2ème ordre Moyenne glissante et filtres numériques passe-bas du premier et du second ordre. (I)	**Tracer** le diagramme de BODE des amplitudes et des phases à partir de la fonction de transfert. **Exploiter** un diagramme de BODE pour identifier un filtre. **Prévoir** le spectre d'un signal obtenu après un filtrage. **Identifier** le type d'un filtre à partir de sa fonction de transfert. **Modéliser** un filtre par des équations de récurrence. (I) On insiste sur le lien entre les caractéristiques fréquentielles et temporelles. On se limite au filtre RC et RL. Les filtres actifs ne sont pas au programme.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

6 Convertisseurs CAN et CNA (Approche fonctionnelle)

Caractéristiques fondamentales : nombre de bits, période d'échantillonnage, temps de conversion.	**Tracer** la caractéristique de transfert d'un CNA (ou CAN). **Déterminer** l'expression donnant la tension de sortie du CNA en fonction de l'état logique des entrées et de la tension de référence.
Échantillonnage et quantification (I). Théorème de Shannon. Bloqueur d'ordre zéro. Filtre anti-repliement.	**Donner** le rôle d'un échantillonneur bloqueur, définir échantillon, maintien (ou blocage). … Les structures internes des CAN et des CNA sont hors programme. Le théorème de Shannon est donné sans démonstration. Pour les convertisseurs analogique-numérique, la présence d'un filtre anti-repliement est précisée et justifiée sans calcul. On se limite à l'approche fonctionnelle sans aborder les aspects technologiques.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

ANNEXES

Annexe 1. Ingénierie numérique et informatique (Compétences en commun avec l'informatique)

Programme	Compétences et commentaires
Analyse fonctionnelle d'un programme. Définition et appel d'une fonction. Découpage fonctionnel. Spécification de fonctions. Variables (type et portée). Structures algorithmiques (boucles et tests). Réécriture des équations. Méthodes de dichotomie et de Newton pour résoudre des problèmes du type $f(x) = 0$. Intégration et dérivation numérique (schémas arrière et avant). Schéma d'Euler explicite pour résoudre une équation ou un système d'équations différentielles. Traitement de fichiers de données. Moyenne et écart type	**Analyser et expliquer** le comportement d'un algorithme simple. **Découper** un programme en fonctions plus simples. **Résoudre** numériquement une équation ou un système d'équations. **Effectuer** des traitements à partir des données de mesures expérimentales. **Choisir**les variables et les paramètres pour une simulation numérique. *L'utilisation des bibliothèques (Python) pré-implémentées est privilégiée.* *La « réécriture des équations » signifie :* • *remettre en forme des équations pour leurs traitements par une bibliothèque ;* • *mettre sous forme matricielle un problème (problème de Cauchy et système linéaire).* *Les aspects théoriques liés aux méthodes numériques ne sont pas exigibles (stabilité, convergence, conditionnement de matrices…).*

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

	Exemples d'applications • *utilisation d'Euler pour discrétiser un filtre analogique ;* • *filtrage numérique des données par des équations de récurrence ;* • *caractérisation des signaux à temps discret (Échantillonnage et quantification) ;* • *résolution d'équation non linéaire (seuil, hystérésis…) pour le cas des SLCI ;* • *détermination de l'énergie stockée à chaque instant dans une batterie à partir de l'évolution de la tension et de l'intensité ;* • *lecture d'un fichier csv obtenu à partir des mesures d'accélération d'un Smartphone.*

Annexe 2. Composantes de la compétence « Expérimenter »

Programme	Compétences et commentaires
Protocoles expérimentaux	
Environnement du système. Mise en œuvre d'un système, paramètres de fonctionnement d'un système. Respect d'un protocole expérimental et des normes de sécurité. Protection des biens et des personnes. Règles de raccordement des appareils de mesure et des capteurs. Caractéristiques (calibre, position, etc.) et fonctions d'un appareil de mesure. Incertitudes, résolution, justesse,	**Mettre** en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer. **Identifier** les erreurs de mesure et de méthode. **Choisir** les grandeurs d'entrées à imposer et les grandeurs de sorties à acquérir pour identifier un modèle de comportement sur un système ou sur un constituant du système. **Mettre** en œuvre un système en suivant un protocole dans le respect des règles de sécurité. **Choisir** la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix. **Proposer** un protocole en fonction de l'objectif visé. **Configurer et régler** le système en fonction de l'objectif visé. **Générer** un programme et l'implanter dans le système cible. **Analyser** les écarts entre les performances d'un prototype et les exigences.

Préambule
PRESENTATION
Premier trimestre
Ingénierie système
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Automatique et modélisation :
Chaîne d'information
Troisième trimestre
Filtres électriques (P)
Convertisseurs CAN et CNA
ANNEXES
Ingénierie numérique et informatique
Compétence « Expérimenter »
Compétence « Réaliser »

fidélité, linéarité et sensibilité. Échantillonnage, repliement de spectre, quantification. Outils de programmation Dispositifs de contrôle. Scénarios de test. Normes de sécurité.	**Rechercher et proposer** des causes aux écarts constatés. Dans le choix de l'appareil (y compris RMS ou non), des calibres et des réglages on attend une autonomie importante, éventuellement avec l'utilisation de la notice de l'appareil. Le respect des instructions de sécurité et des normes est une exigence qui s'appuie sur la fourniture des extraits de textes réglementaires. La connaissance des normes de sécurité n'est pas exigible. L'objectif consiste à qualifier et quantifier une performance et/ou renseigner un modèle de comportement. L'incertitude renvoie à la technologie des appareils de mesure et des capteurs. Il n'est pas exigé de longs développements théoriques et calculs associés.

Annexe 3. Composantes de la compétence « Réaliser »

Programme	Compétences et commentaires
■ réaliser tout ou partie d'un prototype ; ■ instrumenter tout ou partie d'un système pour valider une exigence ou renseigner un modèle de comportement ; ■ intégrer les constituants correspondant à une fonction dans un prototype ; ■ implémenter et exécuter un programme sur une cible ; ■ valider le fonctionnement du	• la réalisation d'une chaîne d'asservissement numérique pourra servir de support ; • l'acquisition de savoir-faire professionnels est exclue ; • tous les moyens de réalisation ou de prototypage rapide mutualisés dans l'établissement scolaire peuvent être utilisés, en particulier les ressources disponibles dans un espace d'innovation partagé (fablab).

prototype.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

Sciences industrielles pour l'ingénieur/Génie Mécanique

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 leur 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 nécessitantes la conception de systèmes innovants le plus souvent pluri-technologiques répondants 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 matière 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
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

2 Présentation

2.1 Objectifs de la formation

L'enseignement des sciences industrielles de 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 des processus industriels. 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 communication, de travail en équipe, d'autocritique et d'ouverture.

Les compétences acquises doivent constituer une plateforme solide sur laquelle s'appuiera la formation dispensée dans les grandes écoles. Dans ces écoles, il s'agira d'approfondir les connaissances acquises en CPGE, d'introduire et de découvrir de nouvelles connaissances et compétences propres aux différents profils de formation pour le métier d'ingénieur.

En cohérence avec les objectifs du cycle initial de la formation aux métiers de l'ingénierie, ce programme contribue à l'approche pédagogique basée sur les STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

2.2 Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant

L'approche des enseignements en S.I.I. 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

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

expérimentation.

L'illustration de la figure 5.1 montre les trois représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées (Démarche d'ingénieur).

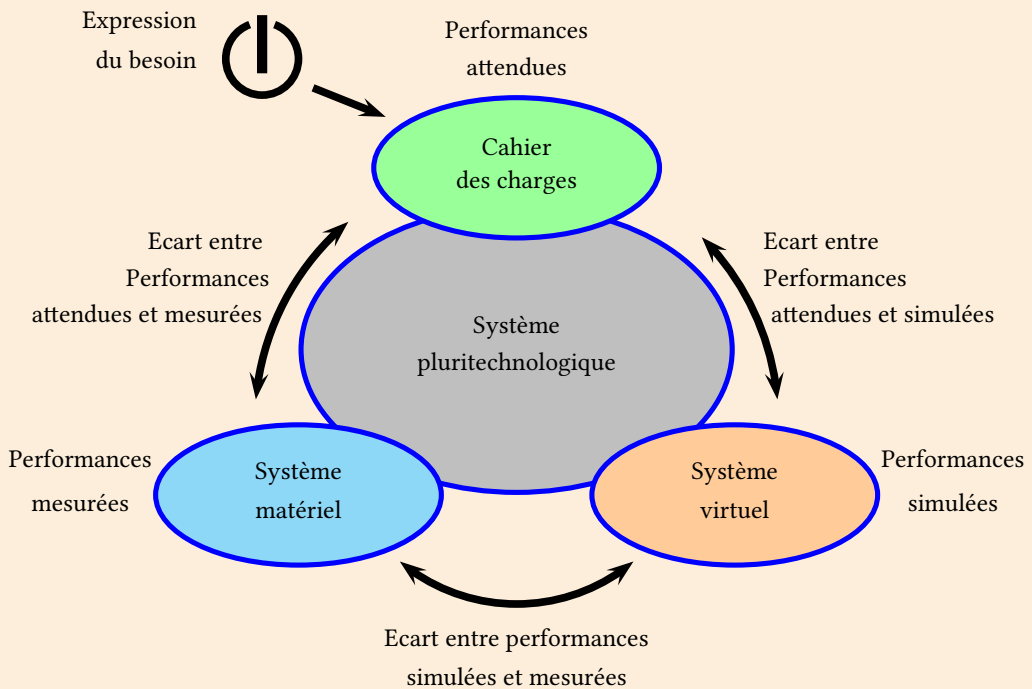

FIGURE 5.1 – Représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées

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

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

virtuel et le système matériel) ;

- comparer les performances issues de ces trois réalités ;
- 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 fonction-

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

nement, 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 performances de systèmes complexes en s'affranchissant de la maîtrise d'outils mathématiques spécifiques ;
- **Expérimenter** : permet d'appréhender le comportement des systèmes, de mesurer, d'évaluer et de modifier les performances. Les activités expérimentales sont au cœur de la formation et s'organisent autour de produits industriels instrumentés ou de systèmes didactisés utilisant des solutions innovantes. Elles permettent de se confronter à la complexité de la réalité industrielle, d'acquérir une culture des solutions technologiques, de formuler des hypothèses pour modéliser le réel, d'en apprécier leurs limites de validité, de développer le sens de l'observation, le goût du concret et la prise d'initiative ;
- **Concevoir** : permet de modifier l'architecture des systèmes pour satisfaire un cahier des charges. Elle permet également de faire évoluer le comportement des systèmes. Elle développe l'esprit d'initiative et la créativité des élèves ;
- **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 ;
- **Réaliser** :Réaliser tout ou partie d'un prototype.

2.4 Activités d'enseignement

- **Cours – TD** : 2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin ;
- **Travaux pratiques** : 1h30 mn hebdomadaires par demi-classe découpée en groupes ;
- **T.I.P.E** : 2 heures hebdomadaires ;
- **Colles** : 0,5 heure par élève par semaine.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

2.5 Organisation du programme et volume horaire indicatif (Cours, TD et TP)

Partie	VHI[3]	Trim.
1. Analyse fonctionnelle et structurelle - Diagrammes d'ingénierie systèmes		
• analyse fonctionnelle ; • analyse structurelle ; • chaînes d'information et de puissance ; • définir les écarts.	12	Trim.1
2. Représentation des produits		
Modélisation cinématique des systèmes. Représentation géométrique du réel.	10,5 8	Trim 1. Trim 1.
3. Composants de la chaîne de puissance		
• alimenter en énergie et stocker l'énergie ; • distribuer l'énergie ; • convertir l'énergie. Cinématique des solides et des systèmes.	8 2	Trim 1. Trim 3.
4. Comportement des systèmes (Cas des solides indéformables)		
Statique des solides et des systèmes • liaisons équivalentes ; • mobilités et hyperstatisme d'un modèle ;	14 13	Trim 2. Trim. 2
5. Adéquation produits-matériaux-procédés		
• procédés d'obtentions des pièces mécaniques ; • familles des matériaux.	9,5	Trim 3.
6. Transmettre l'énergie mécanique		
• liaisons mécaniques ; • transmission d'énergie mécanique ; • spécification dimensionnelles.	9	Trim. 3

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

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
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

Premier trimestre

1 Analyse fonctionnelle et structurelle et diagrammes d'ingénierie system (SysML)

1.1 Analyse fonctionnelle

■ besoin à satisfaire ; ■ expression fonctionnelle du besoin ; ■ frontière d'étude ; ■ cahier des charges fonctionnelles ; ■ présenter la fonction globale ; ■ identifier les domaines d'application, les critères technico-économiques ; ■ identifier les contraintes ; ■ qualifier et quantifier les exigences (critères, niveaux) ; ■ identifier et caractériser les fonctions de Service.	Dans le cas d'un système complexe, l'analyse et la description fonctionnelle doivent être partielles, l'étude se limitera donc à une seule chaîne d'énergie. La sensibilisation à l'analyse et à la description fonctionnelles doit être abordée à travers des exemples pertinents. Les diagrammes d'Ingénierie Système - SysML (uc, req) peuvent être proposés à lire, à compléter ou à créer en s'appuyant sur un document fourni présentant la syntaxe.
■ architecture fonctionnelle ; ■ diagramme des exigences. (req) ; ■ diagramme des cas d'utilisation (uc) ; ■ contraintes environnementales et sociétales ; ■ bilan carbone ; ■ analyse du Cycle de Vie (ACV).	Il s'agit de prendre en compte les exigences liées au développement durable et de sensibiliser aux aspects sociétaux. L'évaluation de l'impact environnemental et sociétal s'appuie sur les 3 piliers du développement durable (social, économique et environnemental).

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

1.2 Analyse structurelle

■ diagramme de définition de blocs, diagramme de blocs internes (bdd, ibd) ; ■ chaînes fonctionnelles : chaîne d'information et chaîne de puissance ; ■ architecture structurelle.	L'analyse du cycle de vie se limite à l'étude d'un produit simple, ou d'une partie d'un système. Les diagrammes d'Ingénierie Système-SysML (bdd, ibd) peuvent être proposés à lire, à compléter ou à créer en s'appuyant sur un document fourni présentant la syntaxe.
Partie commande et partie opérative ■ relations entre P.C. ET P.O. ; ■ architecture structurelle ; ■ identifier les fonctions techniques ; ■ déterminer les constituants dédiés aux fonctions d'un système.	Les diagrammes d'Ingénierie Système-SysML (stm) peuvent être proposés à lire, à compléter ou à créer sur des cas simples, en s'appuyant sur un document fourni présentant la syntaxe. Les diagrammes de séquence ne peuvent être proposés qu'en lecture.
Identifier les architectures fonctionnelle et structurelle. ■ identifier la nature des flux échangés (Matière, Énergie, Information) traversant la frontière d'étude ; ■ préciser leurs caractéristiques (variable potentielle, variable de flux).	L'évolution temporelle des états et des variables d'un diagramme d'états est représentée sous la forme d'un chronogramme. Les diagrammes SysML sont présentés à la lecture. Certains diagrammes pourront être modifiés ou complétés mais la syntaxe du langage SysML doit être fournie.
■ identifier la nature et les caractéristiques des flux échangés ; ■ vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants (Courant, force ou couple, flux thermique) ; ■ architecture fonctionnelle des produits et systèmes.	Variables potentielles (vitesse, vitesse angulaire, tension, température, …) et variables de flux (force, couple, courant, débit, flux thermique, …).

1.3 Chaînes d'information et de puissance

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

■ relations entre chaîne de puissance et chaîne d'information : grandeurs physiques à acquérir et ordres de commande ; ■ fonctions élémentaires d'une chaîne de puissance : alimenter, distribuer ou moduler, convertir, transmettre et agir sur la matière d'œuvre ; ■ présentation de la chaîne de puissance : fonctions alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir ; ■ alimentation d'énergie : source ; ■ modulateurs ; actionneurs ; ■ transmetteurs de puissance : vis écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, trains épicycloïdaux, pignon-crémaillère, poulies-courroie et bielle manivelle (caractéristiques ; réversibilité, domaines d'application).	Fonctions acquérir, traiter, communiquer, restituer, alimenter, stocker, adapter, moduler, convertir, transmettre et agir. La description des chaînes fonctionnelles de différents systèmes permet de construire une culture technologique.

1.4 Définir les écarts

■ définir les écarts S-L, L-C et S-C ; ■ identification des écarts.	Se limiter aux définitions des écarts en se référant au schéma de la page d'introduction

2 Représentation des produits

2.1 Modélisation cinématique des systèmes

■ modélisation cinématique des liaisons ; ■ contacts entre solides ; ■ classes d'équivalence ; ■ proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.	• association repère-solide ; • géométrie des contacts entre deux solides ; • liaisons parfaites ; • degrés de liberté ; • classe d'équivalence cinématique ; • liaisons normalisées entre solides, caractéristi-

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

	ques géométriques et repères d'expression privilégiés ; • paramètres géométriques linéaires et angulaires ; • symboles normalisés.
■ schéma cinématique (1), schéma d'architecture (2) ; ■ graphe de structure, graphe des liaisons ; ■ réaliser le graphe de structure de tout ou partie d'un mécanisme ; ■ proposer un schéma cinématique (plan ou 3D) minimal et d'architecture de tout ou partie d'un mécanisme ; ■ lire et interpréter un schéma.	(1) C'est le schéma minimal qui permet la description des mouvements. (2) Le schéma d'architecture traduit la réalité technique de réalisation des liaisons et permet de calculer les actions mécaniques. Les normes de représentation des schémas sont fournies.

2.2 Représentation géométrique du réel

■ dessin et croquis à main levée d'une solution ; ■ représentation d'une solution constructive en 3D par un modeleur volumique.	Seules les notions de bases sur les modeleurs volumiques sont abordées (création d'une pièce simple, assemblage et visualisation d'une maquette numérique).
■ assemblage sous contrainte ; ■ utilisation de bibliothèques d'éléments standards.	Aucune connaissance affiliée aux normes des dessins techniques n'est évaluable. Élaborer la maquette numérique de la partie étudiée du produit en intégrant les contraintes fonctionnelles d'assemblage.

3 Composants de la chaîne de puissance

3.1 Alimenter en énergie et stocker l'énergie

■ sources d'énergies ;	On se limite à l'identification des caractéristiques

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

■ variables potentielles, variables de flux ; ■ grandeurs physiques disponibles ; ■ constituants de distribution ; ■ accumulateurs ; ■ pompes.	fonctionnelles fondamentales en entrée et en sortie en vue d'obtenir les performances attendues.

3.2 Distribuer l'énergie

■ nature et caractéristiques des grandeurs physiques d'entrée et de sortie.	Pour les actionneurs hydrauliques, le fluide est considéré incompressible.
■ distributeurs hydrauliques et pneumatiques.	• déterminer les caractéristiques mécaniques de l'actionneur.
■ association de préactionneurs et d'actionneurs.	• Choisir un actionneur adapté à la solution constructive.
■ schémas des composants hydrauliques et pneumatiques.	• lire et interpréter un schéma hydraulique et pneumatique.

3.3 Convertir l'énergie

■ caractéristiques d'entrée et de sortie ; ■ modes de fonctionnement, domaines d'application ; ■ bilan de puissance ; ■ caractéristiques mécaniques ; ■ vérins, moteurs : hydrauliques et pneumatiques.	Les normes de représentation des schémas sont fournies. Les différentes solutions techniques doivent être abordées en TD ou en TP dans le cadre de la réalisation de problématiques plus générales portant sur un système.
Produire des documents techniques adaptés à l'objectif de la communication (I)	Elaboration de : • diagrammes SysML ; • chaînes fonctionnelles. Schéma-blocs ; • schémas cinématique, électrique, pneumatique, thermique, hydraulique ; • graphe de structure ;

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

	• croquis, représentations 3D et 2D.

Deuxième trimestre

4 Comportement des systèmes dans le cas des solides indéformables

4.1 Cinématique des solides et des systèmes

▪ rappels et compléments de calcul vectoriel (P) et torsoriel ; ▪ définition d'un solide indéformable ; ▪ référentiel : espace, temps (P) ; ▪ repère attaché à un référentiel (P) ; ▪ équivalence repèresolide indéformable ; ▪ paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide (paramètres linéaires et angulaires).	Mettre l'accent sur les opérations vectorielles rencontrées en cinématique (P). On ne donne que les éléments essentiels de la théorie des torseurs : opérations, invariants, axe central, couple et glisseur. Les compétences acquises doivent permettre de : • paramétrer les mouvements d'un solide indéformable ; • associer un repère à un solide ; • identifier les degrés de liberté d'un solide par rapport à un autre solide ; • justifier le paramétrage du modèle retenu. 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 exigée.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

■ dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel. Relation entre les dérivées temporelles d'un vecteur par rapport à deux référentiels.	A partir d'un système mécanique pour lequel un *paramétrage est donné*, les compétences citées devront permettre de modéliser la cinématique.
■ mouvement d'un solide, translation, rotation, translation circulaire, mouvement composé, trajectoire d'un point du solide. (P); ■ vecteur taux de rotation, Vecteur position, vecteur vitesse et vecteur accélération, torseur cinématique et champs des vecteurs vitesses. (P); ■ torseur cinématique; ■ composition des mouvements. (P)	d'un ensemble de solides et de déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide, de déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide et d'exploiter le roulement sans glissement.
■ définition du contact ponctuel entre deux solides (roulement et glissement); ■ torseur cinématique associé à une liaison; ■ loi d'entrée-sortie en vitesse et en position d'un système. Transmetteurs de puissance (vis-écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples et épicycloïdaux, pignon-crémaillère et poulies-courroie); ■ proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique (I); ■ proposer une démarche permettant d'obtenir une loi entrée-sortie géométrique ou cinématique (I).	La composition des vecteurs accélérations est hors programme. Etant donné une chaîne cinématique, les compétences acquises doivent permettre de : • déterminer les relations de fermeture géométrique; • déterminer la loi entrée-sortie géométrique; • déterminer les relations de fermeture cinématique; • déterminer la loi entrée-sortie cinématique. La méthode de résolution graphique étant imposée, l'élève doit être capable de déterminer les vecteurs vitesses demandées. Toutefois, la maîtrise de ces méthodes ne devra donner lieu à aucune évaluation. Fermeture géométrique. Fermeture cinématique.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

4.2 Modélisation des actions mécaniques

■ modélisation des actions mécaniques. Torseur d'action mécanique Torseur couple et torseur glisseur.	
■ nature : action mécanique de contact et action mécanique à distance (gravité et magnétique).	
■ modèle local du contact : notion de densité surfacique de charge et modèles de répartition sur une surface de contact (sans frottement et avec frottement - lois de Coulomb) (1).	(1) Les points suivants ne sont pas au programme : la théorie de Hertz ainsi que la résistance au pivotement et au roulement.
■ notion de densité linéique, surfacique et volumique d'efforts, notion de frottement visqueux ;	
■ associer un modèle à une action mécanique.	
■ modèle global des actions transmissibles par une liaison parfaite ou non parfaite : torseur associé.	Le tableau des liaisons parfaite est proposé avec les schémas normalisés des liaisons et leurs torseurs d'actions mécaniques transmissibles.
■ associer aux liaisons un torseur d'action mécanique transmissible ;	Vérifier l'homogénéité des résultats
■ proposer ou compléter une méthode permettant de proposer les inconnues de liaison ;	
■ ecrire la relation entre modèle local et modèle global dans le cas d'actions réparties.	

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

4.3 Statique des solides et des systèmes

- réaliser l'inventaire des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur un solide ; ou un ensemble de solides ; graphe d'actions mécaniques.
- conditions d'utilisation et application du Principe Fondamental de la Statique ;
- cas des problèmes plans ;
- théorème des actions réciproques ;
- méthodologie (1) : isolement, bilan des actions mécaniques extérieures, application du Principe fondamental de la statique (I) - (PFS) et résolution.

(1) Une méthode de résolution graphique peut être utilisée dans le cas d'un solide soumis à deux ou trois actions mécaniques modélisables par des glisseurs coplanaires non parallèles.
La détermination des actions mécaniques Inconnues peut être menée par l'usage d'un outil de simulation numérique. (I)

4.4 Liaisons équivalentes

- liaison équivalente à une association de deux liaisons en série ou en parallèle. (Approches cinématique et statique) ;
- déterminer la liaison cinématiquement équivalente à un ensemble de deux liaisons en série ou en parallèle.
- degré de mobilité et degré d'hyperstatisme (2) ;
- déterminer le degré de mobilité et d'hyperstatisme. Conditions géométriques associées à l'hyperstatisme

(2) Le degré de mobilité et le degré d'hyperstatisme sont nécessaires à l'interprétation des résultats de simulations numériques.

On met également en évidence qu'un degré d'hyperstatisme non nul induit soit une ruine prématurée du système par un phénomène de fatigue, voire une impossibilité d'assembler les pièces, si aucune précaution n'est prise, soit la nécessité de mettre en place une cotation rigoureuse et plus

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

	contraignante que pour un système isostatique, ou un dispositif de réglage (montage de roulements à contacts obliques par exemple).

4.5 Mobilités et hyperstatisme d'un modèle de mécanisme

■ mobilité du modèle d'un mécanisme ; ■ degré d'hyperstatisme d'un modèle ; ■ conditions et limites de la modélisation plane ; ■ déterminer le degré de mobilité et d'hyperstatisme ; ■ modifier un modèle de mécanisme afin de le rendre isostatique.	La conclusion dans ce cas étant un surcoût dans la réalisation du produit qu'il faut justifier par l'intérêt ou la nécessité d'avoir recours à une solution hyperstatique. L'identification des contraintes géométriques et dimensionnelles liées au degré d'hyperstatisme n'est pas exigible.

5 Adéquation produits-matériaux-procédés

5.1 Procédés d'obtention des pièces mécaniques

■ procédés d'obtention des produits (1) ; ■ fonderie ; ■ l'injection plastique ; ■ le forgeage ; ■ l'emboutissage.	(1) Les principes et caractéristiques des procédés d'obtention sont abordés en simulation avec des outils informatiques adaptés. Les procédés au programme sont la fonderie, l'injection plastique, le forgeage, l'emboutissage et l'enlèvement de matière.
■ obtention des pièces finies par enlèvement de matière (Tournage, fraisage, rectification...).	L'objectif consiste en une découverte des procédés classiques de fabrication liés aux classes des matériaux.
● caractéristiques des procédés.	On ne fait pas un cours spécifique sur les procédés d'obtention mais ces notions sont introduites lors d'études de cas.

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

5.2 Familles des matériaux

■ paramètres influents du procédé : matériaux, géométrie, précision. ■ classes des matériaux ; ■ domaines généraux d'application.	On insiste sur le lien entre les dimensions géométriques des pièces et le choix du procédé La connaissance des désignations normalisées des matériaux n'est pas exigible.

6 Transmettre l'énergie

6.1 Liaisons mécaniques

■ nature des liaisons obtenues ; ■ surfaces fonctionnelles ; ■ caractérisation : niveau de qualité, tenue aux efforts et vitesse relative admissible.	Les points suivants ne sont pas au programme : le collage, le frettage, les calculs des organes filetés précontraints, les calculs par pincement, par déformation élastique ou par coincement, les calculs des clavettes, les guidages hydrostatiques et hydrodynamiques. Les points suivants ne sont pas évaluables : l'étanchéité et la lubrification des guidages
Solutions techniques pour les liaisons (1) : ■ assemblages démontables et permanents ; ■ guidages en rotation par glissement et par éléments roulants ; ■ guidages en translation par glissement et par éléments roulants.	Les calculs de durée de vie des roulements dans le cas d'une utilisation continue sans variation de la vitesse de rotation, font uniquement l'objet de calculs de vérification à partir de documents constructeurs et des formules données.

6.2 Transmission d'énergie mécanique

■ caractérisation cinématique de la transmission : mobilités, loi d'entrée-sortie et réversibi-	(1) Les solutions les plus courantes permettant la réalisation des liaisons mécaniques sont étudiées à

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

lité ; ■ puissances d'entrée, de sortie et rendement en un point de fonctionnement. Solutions techniques pour les transmetteurs (2) : ▸ transmissions sans transformation de mouvement avec ou sans modification de la fréquence de rotation ; ▸ transmissions avec transformation de mouvement.	l'aide de leurs surfaces et conditions fonctionnelles dans le but de mettre en évidence leurs principales caractéristiques : Niveau de qualité, tenue aux efforts et vitesse relative admissible. (2) Les solutions les plus courantes permettant la transmission de mouvement sont étudiées et comparées dans le but de mettre en évidence leurs caractéristiques cinématiques et leurs rendements. Les différentes solutions techniques doivent être abordées en TD ou en TP dans le cadre de l'étude de problématiques plus générales portant sur un système.

6.3 Spécification dimensionnelles (Ajustement)

■ nature des ajustements (glissant, incertain et serré) ; ■ justifier le besoin fonctionnel d'une spécification dimensionnelle.	Les ajustements normalisés ne sont pas exigibles. Seule la nature des ajustements est à préciser (glissant, incertain et serré).

Annexes

Annexe 1. Composantes de la compétence «Expérimenter»

Mettre en œuvre un système en suivant un protocole	● repérer les différents constituants de la chaîne de puissance ; ● régler les paramètres de fonctionnement d'un système ; ● mettre en évidence l'influence des paramètres sur les perfor-

Préambule
Présentation
Premier trimestre
Analyse fonctionnelle et structurelle
Représentation des produits
Chaîne de puissance
Deuxième trimestre
Comportement des systèmes
Adéquation produits-matériaux-procédés
Transmettre l'énergie
Annexes
Compétence «Expérimenter»
Compétence «Réaliser»

	mances du système ; • identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux ; • proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.
Proposer et justifier un protocole expérimental	• prévoir l'allure de la réponse attendue ; • prévoir l'ordre de grandeur de la mesure ; • choisir les configurations matérielles du système en fonction de l'objectif visé ; • choisir la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix ; • identifier les erreurs de mesure et les erreurs de méthode.
Mettre en œuvre un protocole expérimental	• mettre en œuvre un système complexe en respectant les règles de sécurité ; • appréhender l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur les mesures effectuées ; • régler les paramètres de fonctionnement d'un système ; • mesurer les grandeurs d'effort et de flux à travers les constituants de la chaîne d'énergie (Source, modulateur, actionneur et chaîne de transmission) ; • extraire les grandeurs désirées et les traiter afin de construire un modèle de comportement du système.
▸ mettre en œuvre une démarche de simulation et de résolution numérique ; ▸ effectuer des traitements à partir de données de mesures expérimentales ;	• choisir les valeurs des paramètres de la résolution numérique : durée et pas de calcul • choisir les tracés des grandeurs physiques en fonction des performances à vérifier ; • choisir les paramètres de simulation ; • faire varier un paramètre et comparer les courbes obtenues. Traitement de fichiers de données, moyenne - écart type (I).

Annexe 2. Composantes de la compétence «Réaliser»

- réaliser tout ou partie d'un prototype ;
- instrumenter tout ou partie d'un système pour valider une exigence ou renseigner un modèle de comportement ;
- intégrer les constituants correspondant à une fonction dans un prototype ;
- implémenter et exécuter un programme sur une cible ;
- valider le fonctionnement du prototype ;

- la réalisation d'une chaîne d'asservissement numérique pourra servir de support ;
- l'acquisition du savoir-faire professionnels est exclue ;
- tous les moyens de réalisation de prototypage rapide disponibles dans l'établissement peuvent être utilisés.

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

PROGRAMME DE LA MATIÈRE

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 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. Représenter les entiers positifs, les entiers signés : binaire signé, Complément à deux Représenter les flottants : virgule fixe, virgule flottante (simple et double précision) Montrer les limites des représentations (overflow, erreur d'arrondi, …) 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 Notion d'affectation et manipulation de l'interpréteur Python	Déclarer et initialiser les variables en utilisant l'opérateur `'='`. Introduire un commentaire avec #. 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`. afficher des messages et des résultats en utilisant la fonction `print` avec `f-string`. évaluer dynamiquement une expression à l'aide de : `eval, int, float`
Structures conditionnelles	
type booléen et opérateurs relationnels et logiques La structure alternative : `if ... elif ... else`	Opérateurs relationnels : >, >=, ==, ! =, ... Opérateurs logiques : `and, or, not` Mettre le point sur le principe d'indentation
Structures répétitives	
La bocle : `for` La boucle : `while`	Définir la fonction `range` Différencier entre `for` et `while` Expliquer Les instructions `break, continue` Boucles conditionnées et boucles imbriquées
Fonctions	
Définition d'une fonction. Variables locales-globales. Appel d'une fonction fonctions lambda. Notion de module	Syntaxe : le mot clé `def`, nom de la fonction, paramètres, et le mot clé `return`. Appeler une fonction par son nom en passant divers arguments. Arguments à valeur par défaut Assertions Utiliser le mot `lambda` pour définir des fonctions anonymes. 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. Donner des exemples simples de fonctions récursives 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 Préciser les préconditions (utilisation de : `assert`, `type`, `isinstance`), et les post-conditions
Correction totale : ■ correction partielle ; ■ 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... 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... 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. Créer des tableaux numpy, effectuer des opérations de base sur les tableaux et accéder à leurs éléments. Opérations vectorielles et matricielles avec numpy.
Visualisation de Données avec matplotlib.pyplot	Présenter le module matplotlib.pyplot pour créer des graphiques et des visualisations. 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 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... 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 Méthodes numériques pour calculer les intégrales	Introduire l'intégration numérique et ses applications. Expliquer et implémenter la méthode des rectangles, méthode des trapèzes et méthode de Simpson pour calculer des intégrales numériques. Expliquer et implémenter les méthodes composites, voir l'effet de l'augmentation du pas sur la précision. Comparer la précision des méthodes dans les mêmes conditions (même fonction, même pas, etc) 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 ; • la francophonie ; • les chiffres du français dans le monde.
Langue	• c'est +adjectif + (de +infinitif)… • le suffixe -phonie : francophonie… • verbes de parole ; • 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 ; • 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 ; • exprimer une motivation ; • 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... ; • les trois groupes de conjugaison ; • vocabulaire relatif à l'apprentissage des langues ; • lexique des émotions et des difficultés.
Tâche finale	• faire part de ses sentiments lors de son expérience d'apprentissage d'une langue ; • 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 ; • parler de ses études.
Culture et société	• connaître et utiliser les salutations d'usage ; • 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 ; • 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 ; • 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 ; • informer ; • définir ses goûts et loisirs.
Culture et société	• utiliser le niveau de langue courant ; • s'initier aux modalités d'une étude, d'un sondage.
Langue	• emploi de l'infinitif ; • prépositions ; • vocabulaire des activités quotidiennes école, travail, voyage… ; • « h » muet/aspiré.
Tâche finale	• simuler un entretien de personnalité : se présenter à travers ses loisirs et ses passions ; • 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 ; • situer dans l'espace ; • rapporter un événement.
Culture et société	• le registre littéraire ; • les codes du roman épistolaire.
Langue	• le passé composé et l'imparfait ; • 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 ; • 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 ; • définir ; • caractériser.
Culture et société	• introduction à l'univers du 7e art.
Langue	• les verbes pronominaux ; • les pronoms personnels objets ; • le lexique du cinéma.
Tâche finale	• décrire le plateau de tournage ; • 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 ; • parler d'un emploi ou d'un stage ; • parler d'un état émotionnel.
Culture et société	• connaître le marché du travail ; • découvrir le lexique de l'emploi ; • connaître le lexique des émotions : tristesse et mélancolie.
Langue	• la négation : ne… pas, ne….plus, ne… jamais ; • 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. • 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 ; • parler de son métier futur ; • présenter les métiers du futur.
Culture et société	• découvrir les métiers menacés et les plus convoités à l'avenir.
Langue	• futur simple ; • conditionnel présent ; • vocabulaire des métiers du futur.
Tâche finale	• simuler une interview avec un journaliste au sujet des métiers de l'avenir ; • 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 ; • approuver ; • exposer.
Culture et société	• la gestuelle et l'organisation de l'espace ; • respecter le rituel de politesse.
Langue	• les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ; • 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 ; • 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 ; • illustrer par des exemples ; • exprimer son point de vue : accepter/ rejeter.
Culture et société	• dire pourquoi une chose plaît ou déplaît ; • exprimer ses opinions ; • donner brièvement des justifications ; • s'initier à la pensée polémique.
Langue	• les pronoms relatifs simples Qui / Que ; • les articulateurs logiques : mais / parce que ; • vocabulaire des sciences.
Tâche finale	• dans le cadre de la célébration de la journée mondiale de la science ; • 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 ; • 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 ; • valeurs et discours de tolérance.
Langue	• l'imparfait de description et d'habitude ; • la voix passive ; • les prépositions et les adverbes de lieu ; • vocabulaire du vivre-ensemble, la tolérance ; • le son [ʒ] et les verbes en [ge].
Tâche finale	• jeu de rôle : décrire oralement un phénomène social, décrire un lieu et situer dans l'espace ; • rédiger un article à publier dans le journal scolaire. 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 ; • caractériser ; • demander des informations.
Culture et société	• valeurs universelles de la citoyenneté.
Langue	• les pronoms relatifs simples ; • les démonstratifs ; • l'adverbe de manière en « ment » ; • vocabulaire de la citoyenneté ; • les sons[ ] et [ ].
Tâche finale	• simulation de micro-trottoir pour caractériser, décrire une personne et demander des informations ; • 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 ; • se plaindre ; • exprimer sa tristesse, son indignation, son ennui.
Culture et société	• découvrir l'univers des médias ; • sensibiliser au phénomène du tapage médiatique.
Langue	• l'accord du participe passé ; • les pronoms et déterminants indéfinis ; • la négation sans +infinitif ; • lexique des médias ; • les sons [œ], [Ø] et [u].
Tâche finale	• exprimer son point de vue sur les programmes de télévision ; • 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 ; • relativiser son opinion.
Langue	• déterminants : pronoms et adjectifs possessifs ; • verbes de sentiments + subjonctif ; • exprimer le souhait : conditionnel présent+ subjonctif : j'aimerais + subjonctif ; • lexique des sentiments ; • les sons [i] et [y].
Tâche finale	• jeu de rôle : dire son sentiment négatif ou positif par rapport aux réseaux sociaux ; • 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 ; • 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 ; • le plus-que-parfait ; • localisation temporelle : prépositions et adverbes de temps ; • les genres littéraires ; • h muet/ h aspiré.
Tâche finale	• concours d'improvisation : «Meilleur récit d'une journée extraordinaire » ; • 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 ; • raconter une anecdote pour illustrer son point de vue Culture et société ; • sensibiliser à l'emprise des clichés et des stéréotypes sur les esprits dans toutes les cultures.
Langue	• le discours rapporté ; • la concordance des temps ; • les doubles pronoms ; • lexique de la littérature engagée, de l'engagement intellectuel ; • le phénomène de la liaison.
Tâche finale	• jeu de rôle : transposer au style indirect un discours direct ; • 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 ; • tolérer la différence.
Langue	• le gérondif ; • la négation avec la conjonction de coordination «ni» ; • lexique de la philosophie et de la méditation ; • les sons : [ã], [ ].
Tâche finale	• table ronde : donner son opinion sur l'importance de l'enseignement de la philosophie au collège ; • 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" ; • l'expression de l'hypothèse avec "Si" ; • vocabulaire relatif à la morale et à l'éthique ; • distinguer entre les sons :[œ], [Ø] et [ə].
Tâche finale	• exprimer son opinion sur les notions du Bien et du Mal ; • 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 ; • approuver ; • exposer.
Culture et société	• la gestuelle et l'organisation de l'espace ; • respecter le rituel de politesse.
Langue	• les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ; • les adverbes d'intensité : bien, très, trop… • 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 ; • réaliser une affiche sur les avantages de la science.

Séquence 2.5.2. Homme-machine

Tâche initiale	• parler de l'avenir : argumenter.
Communication	• introduire ; • développer ; • hiérarchiser ; • démontrer ; • conclure.
Culture et société	• découvrir les nouveautés dans le domaine de l'innovation scientifique.
Langue	• les liens chronologiques du discours : d'abord, ensuite, enfin ; • futur simple ; • vocabulaire scientifique ; • le « S » de plus.
Tâche finale	• exprimer son point de vue sur la thématique de l'écologie ; • 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 ; • décrire un fait de société.
Culture et société	• le rituel de la réunion formelle ; • l'art de l'exposition ; • nuances sémantiques ; • continuité de la parole ; • langue recherchée.
Langue	• noms accompagnés de la préposition 'de'/'à' + infinitif ; • les pronoms relatifs composés ; • les pronoms compléments « y » et « en » ; • le lexique du plurilinguisme.
Tâche finale	• présenter et décrire les caractéristiques du paysage linguistique marocain à des étudiants étrangers ; • 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 ; • décrire un phénomène culturel ; • débattre.
Culture et société	• le rituel de la réunion formelle ; • l'art de l'exposition ; • la polysémie ; • 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 ; • langue recherchée.
Langue	• l'antériorité, la simultanéité, la postérité : concordance des temps et articulateurs chronologiques ; • la modalisation devoir/pouvoir + infinitif ; • 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 ; • 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 ; • 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...) ; • le domaine culturel : cinéma, littérature, arts plastiques... • langue de spécialité.
Langue	• adjectifs de couleur ; • le passé simple, temps du récit écrit ; • lexique de la peinture ; • 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 ; • 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 ; • 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...) ; • le ton du discours (comique, tragique, lyrique...) ; • langue de spécialité.
Langue	• adjectifs accompagnés de prépositions ; • la restriction : ne ... que ; • expression des sentiments négatifs ; • vocabulaire du théâtre.
Tâche finale	• jeu de rôles : procéder à la mise en voix d'une scène extraite d'une pièce de théâtre ; • 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 ; • apprécier ; • approuver.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité. • l'octroi d'une place à la langue dite recherchée ; • 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 ; • 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 ; • 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 ; • critiquer ; • désapprouver.
Culture et société	• analyser un fait de société : politique, éducation, culture, religion... • identification et pratique de l'implicite interculturel (voix, expression faciale, tours de parole…).
Langue	• l'expression de l'hypothèse. • l'expression de la concession : bien que + subjonctif. Lexique de la bioéthique .
Tâche finale	• exprimer son avis concernant le clonage ; • 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 ; • résumer.
Culture et société	• maîtriser le registre formel ; • 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 : D'abord, ensuite, puis, enfin./ D'une part, d'autre part/ Par ailleurs/ D'ailleurs ; • discours direct/Discours indirect ; • lexique du « suffrage ».
Tâche finale	• animer un débat autour du sujet « Jeunesse et abstentionnisme » (s'exprimer oralement et de manière continue) ; • 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 ; • argumenter ; • défendre.
Culture et société	• registre de valeurs sociales ; • vivre en communauté ; • communiquer ; • sensibiliser.
Langue	• enrichissement des articulateurs logiques : ◆ l'expression de l'opposition / la concession, ◆ le participe présent/Adjectif verbal, ◆ l'expression explicite et implicite de la conséquence, ◆ lexique des valeurs civiques.
Tâche finale	• micro-trottoir sur la thématique de l'argent donné aux mendiants ; • 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 ; • justifier un point de vue ; • commenter.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité ; • intervenir de manière adéquate dans une conversation ; • utiliser des expressions figées usuelles dans un échange. • comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques.
Langue	• l'infinitif passé ; • les expressions idiomatiques relatives à la famille ; • la modalisation : les auxiliaires de modalité : pouvoir, devoir, falloir, sembler ; • 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 ! » ; • 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 ; • justifier un point de vue ; • expliquer.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité ; • comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques ; • 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) ; • 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 ; • 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 ; • caractériser pour produire un effet ; • caractériser pour idéaliser, pour diaboliser.
Culture et société	• découvrir les mutations qu'a connues l'espace urbain ; • caractériser la ville du futur, la ville intelligente.
Langue	• les prépositions de localisation ; • l'anaphore (figure de style) ; • l'apposition ; • le vocabulaire de la mobilité urbaine intelligente ; • le vocabulaire de l'urbanisme.
Tâche finale	• présenter un diaporama descriptif d'une ville ; • dans le cadre d'un concours de la mairie « notre ville en 2050» ; • décrire la ville de demain.

Unité 4.2. Féminisme

Tâche initiale	• décrire un phénomène social.
Communication	• décrire le féminisme, ses courants, et ses mutations ; • décrire pour informer ; • 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 ; • amener les élèves à réfléchir sur la problématique relation homme/femme au sein de la société ; • s'interroger sur la condition féminine dans notre région : le Maghreb.
Langue	• la préposition dans le complément du nom ; • la préposition + le pronom relatif lequel ; • les figures de style : métaphore et périphrase ; • 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) ; • 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 ; • les procédés d'adaptation cinématographique.
Langue	• le passé simple ; • le passé antérieur ; • l'antériorité ; • vocabulaire du cinéma et de la littérature ; • expressions idiomatiques.
Tâche finale	• raconter oralement une scène d'un film adapté d'un roman ; • 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 ; • prendre position ; • introduire une idée.
Culture et société	• se prémunir contre les fausses informations ; • développer un esprit critique ; • utiliser des expressions idiomatisées en rapport avec le thème.
Langue	• les verbes d'opinion avec la négation et l'interrogation ; • expressions pour introduire une idée ; • vocabulaire des médias ; • expressions idiomatiques.
Tâche finale	• s'exprimer pour condamner les fausses informations ; • 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 ; • exprimer son opinion et la développer.
Culture et société	• découvrir un discours valorisant ou diabolisant un phénomène ; • rituel de la prise de parole dans un débat ; • approuver/ désapprouver ; • utiliser les expressions idiomatiques.
Langue	• les mots-valises ; • les latinismes ; • l'expression de l'intensité : ◆ les préfixes et les suffixes d'intensité, ◆ les expressions idiomatiques exprimant une intensité, ◆ vocabulaire du numérique.
Tâche finale	• participer à un débat d'idées : la réalité virtuelle, refuge ou piège ? • 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 ; • reformuler ; • expliquer ; • clarifier.
Culture et société	• adapter le registre de langue à la situation de communication ; • la langue de spécialité.
Langue	• les registres de langue ; • le discours direct et indirect ; • les expressions de reformulation (de clarification) ; • 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 ; • 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 ; • donner des arguments ; • présenter des exemples.
Culture et société	• confronter différents types d'aliments ; • réfléchir au rapport entre l'alimentation et la santé ; • utiliser les expressions idiomatiques en rapport avec l'alimentation à bon escient.
Langue	• le vocabulaire péjoratif et mélioratif ; • les locutions adverbiales ; • 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 ; • 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 ; • hiérarchiser ses idées.
Communication	• hiérarchiser des arguments ; • faire des transitions ; • conclure : introduire une conclusion indépendante des arguments antérieurs.
Culture et société	• connaître les rituels d'un entretien professionnel ; • s'initier au domaine de la santé : nuances entre les différents types de médecine.
Langue	• les procédés d'énumération ; • les articulations logiques : addition, concession, opposition, restriction, conclusion ; • les résumatifs ; • infinitif et subjonctif ; • les expressions de l'argumentation ; • 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 ; • 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 ; • 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 : ◆ la conséquence exprimée par des propositions corrélatives, ◆ verbes introduisant la cause ou la conséquence, ◆ participe présent/adjectif verbal, ◆ les expressions verbales (autour des verbes : payer acheter et vendre.), ◆ 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 ; • 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 ; • 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. • maîtriser le répertoire lexical relatif au secteur du tourisme.
Langue	• les procédés de mise en relief : ◆ l'expression de l'intensité, ◆ les adverbes d'intensité, ◆ les superlatifs. • les préfixes à valeur intensive ; • l'hyperbole ; • 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 ; • 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 تعريب	تقديم المادة و المقرر وأساليب الترجمة (30min) Le passeur, Henri Meschonnic
2	تعجيم تعريب	لماذا نترجم، أدونيس Les coquelicots de l'Oriental, Brick Ousaid
3	تعبير كتابي (المنهجية والموضوع)	يختار الأستاذ الموضوع تماشيا مع محاور المقرر.
4	فرض	فرض محروس
5	تعريب تعجيم	Correction du DS : 30 mn avec corrigé distribué aux élèves + L'expérience impériale, Ashis Nandy (45 minutes) الثقافة الوطنية، عبد الله العروي (45 دقيقة)
6	تعريب تعجيم	Roman maghrébin et culture nationale, Abdelkébir Khatibi 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

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 ; • la francophonie ; • les chiffres du français dans le monde.
Langue	• c'est +adjectif + (de +infinitif)… • le suffixe -phonie : francophonie… • verbes de parole ; • la prononciation du « s » final.
Tâche finale	• présenter l'importance de la langue française ; • 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 ; • exprimer une motivation ; • 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... • les trois groupes de conjugaison ; • vocabulaire relatif à l'apprentissage des langues ; • lexique des émotions et des difficultés.
Tâche finale	• faire part de ses sentiments lors de son expérience d'apprentissage d'une langue ; • 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 ; • parler de ses études.
Culture et société	• connaître et utiliser les salutations d'usage ; • 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 ; • vocabulaire des études.
Tâche finale	• simuler un entretien de personnalité : se présenter, décliner son parcours scolaire et ses objectifs ; • 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 ; • informer ; • définir ses goûts et loisirs.
Culture et société	• utiliser le niveau de langue courant ; • 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 ; • vocabulaire des activités quotidiennes école, travail, voyage… • « h » muet/aspiré.
Tâche finale	• simuler un entretien de personnalité : se présenter à travers ses loisirs et ses passions ; • 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 ; • situer dans l'espace ; • rapporter un événement.
Culture et société	• le registre littéraire ; • les codes du roman épistolaire.
Langue	• le passé composé et l'imparfait ; • la localisation temporelle ; • le lexique des livres et de la lecture.
Tâche finale	• raconter le souvenir de la première lecture ; • 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 ; • définir ; • 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 ; • les pronoms personnels objets ; • le lexique du cinéma.
Tâche finale	• décrire le plateau de tournage ; • 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 ; • parler d'un emploi ou d'un stage ; • parler d'un état émotionnel.
Culture et société	• connaître le marché du travail ; • découvrir le lexique de l'emploi ; • connaître le lexique des émotions : tristesse et mélancolie.
Langue	• la négation : ne… pas, ne….plus, ne… jamais ; • 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. • 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 ; • parler de son métier futur ; • 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 ; • conditionnel présent ; • vocabulaire des métiers du futur.
Tâche finale	• simuler une interview avec un journaliste au sujet des métiers de l'avenir ; • 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 ; • approuver ; • exposer.
Culture et société	• la gestuelle et l'organisation de l'espace ; • respecter le rituel de politesse.
Langue	• les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ; • les adverbes d'intensité : bien, très, trop… • 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 ; • 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 ; • illustrer par des exemples ; • exprimer son point de vue : accepter/ rejeter.
Culture et société	• dire pourquoi une chose plaît ou déplaît ; • 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 ; • s'initier à la pensée polémique.
Langue	• les pronoms relatifs simples Qui / Que ; • les articulateurs logiques : Mais / parce que ; • vocabulaire des sciences.
Tâche finale	• dans le cadre de la célébration de la journée mondiale de la science ; • 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 ; • décrire un lieu ; • situer dans l'espace.
Culture et société	• sensibiliser à l'importance du vivre-ensemble ; • valeurs et discours de tolérance.
Langue	• l'imparfait de description et d'habitude ; • la voix passive ; • les prépositions et les adverbes de lieu ; • vocabulaire du vivre-ensemble, la tolérance ; • 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 ; • rédiger un article à publier dans le journal scolaire. 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 ; • caractériser ; • demander des informations.
Culture et société	• valeurs universelles de la citoyenneté.
Langue	• les pronoms relatifs simples ; • les démonstratifs ; • l'adverbe de manière en « ment » ; • vocabulaire de la citoyenneté ; • les sons[ ] et [ ].
Tâche finale	• simulation de micro-trottoir pour caractériser, décrire une personne et demander des informations ; • 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 ; • se plaindre ; • exprimer sa tristesse, son indignation, son ennui.
Culture et société	• découvrir l'univers des médias ; • sensibiliser au phénomène du tapage médiatique.
Langue	• l'accord du participe passé ; • les pronoms et déterminants indéfinis ; • la négation sans +infinitif ; • lexique des médias ; • les sons [œ], [Ø] et [u].
Tâche finale	• exprimer son point de vue sur les programmes de télévision ; • 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 ; • relativiser son opinion.
Langue	• déterminants : pronoms et adjectifs possessifs ; • verbes de sentiments + subjonctif ; • exprimer le souhait :Conditionnel présent+ subjonctif : j'aimerais + subjonctif ; • lexique des sentiments ; • les sons [i] et [y].
Tâche finale	• jeu de rôle : Dire son sentiment négatif ou positif par rapport aux réseaux sociaux ; • 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 ; • 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 ; • le plus-que-parfait ; • localisation temporelle : prépositions et adverbes de temps ; • les genres littéraires ; • h muet/ h aspiré.
Tâche finale	• concours d'improvisation : «Meilleur récit d'une journée extraordinaire » ; • 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 ; • raconter une anecdote pour illustrer son point de vue Culture et société ; • sensibiliser à l'emprise des clichés et des stéréotypes sur les esprits dans toutes les cultures.
Langue	• le discours rapporté ; • la concordance des temps ; • les doubles pronoms ; • lexique de la littérature engagée, de l'engagement intellectuel ; • le phénomène de la liaison.
Tâche finale	• jeu de rôle : Transposer au style indirect un discours direct ; • 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 ; • tolérer la différence.
Langue	• le gérondif ; • la négation avec la conjonction de coordination «ni» ; • lexique de la philosophie et de la méditation ; • les sons : [ã], [ ].
Tâche finale	• table ronde : donner son opinion sur l'importance de l'enseignement de la philosophie au collège ; • 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" ; • l'expression de l'hypothèse avec "Si" ; • vocabulaire relatif à la morale et à l'éthique ; • distinguer entre les sons :[œ], [Ø] et [ə].
Tâche finale	• exprimer son opinion sur les notions du Bien et du Mal ; • 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 ; • approuver ; • exposer.
Culture et société	• la gestuelle et l'organisation de l'espace ; • respecter le rituel de politesse.
Langue	• les trois valeurs de on : nous, ils, quelqu'un ; • les adverbes d'intensité : bien, très, trop… • 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 ; • 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 ; • développer ; • hiérarchiser ; • démontrer ; • conclure.
Culture et société	• découvrir les nouveautés dans le domaine de l'innovation scientifique.
Langue	• les liens chronologiques du discours : d'abord, ensuite, enfin ; • futur simple ; • vocabulaire scientifique ; • le « S » de plus.
Tâche finale	• exprimer son point de vue sur la thématique de l'écologie ; • 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 ; • décrire un fait de société.
Culture et société	• le rituel de la réunion formelle ; • l'art de l'exposition ; • nuances sémantiques ; • continuité de la parole ; • langue recherchée.
Langue	• noms accompagnés de la préposition 'de'/'à' + infinitif ; • les pronoms relatifs composés ; • 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 ; • 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 ; • décrire un phénomène culturel ; • débattre.
Culture et société	• le rituel de la réunion formelle ; • l'art de l'exposition ; • la polysémie ; • des expressions toutes faites.
	• continuité de la parole ; • langue recherchée.
Langue	• l'antériorité, la simultanéité, la postérité : concordance des temps et articulateurs chronologiques ; • la modalisation devoir/pouvoir + infinitif ; • 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 ; • 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...) ; • le domaine culturel : cinéma, littérature, arts plastiques... • langue de spécialité.
Langue	• adjectifs de couleur ; • le passé simple, temps du récit écrit ; • lexique de la peinture ; • 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 ; • 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 ; • 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...) ; • le ton du discours (comique, tragique, lyrique...) ; • langue de spécialité.
Langue	• adjectifs accompagnés de prépositions ; • la restriction : ne ... que ; • expression des sentiments négatifs ; • vocabulaire du théâtre.
Tâche finale	• jeu de rôles : procéder à la mise en voix d'une scène extraite d'une pièce de théâtre ; • 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 ; • apprécier ; • approuver.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité. • l'octroi d'une place à la langue dite recherchée ; • 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 ; • verbes + subjonctif ou indicatif ; • 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 ; • 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 ; • critiquer ; • désapprouver.
Culture et société	• analyser un fait de société : politique, éducation, culture, religion... • 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. Lexique de la bioéthique .
Tâche finale	• exprimer son avis concernant le clonage ; • 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 ; • résumer.
Culture et société	• maîtriser le registre formel ; • observer une action politique ; • communication verbale et non verbale (gestuelle appropriée).
Langue	• connecteurs organisationnels : D'abord, ensuite, puis, enfin./ D'une part, d'autre part/ Par ailleurs/ D'ailleurs ; • discours direct/Discours indirect ; • lexique du « suffrage ».
Tâche finale	• animer un débat autour du sujet « Jeunesse et abstentionnisme » (s'exprimer oralement et de manière continue) ; • 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 ; • argumenter ; • défendre.
Culture et société	• registre de valeurs sociales ; • vivre en communauté ; • 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 : ◆ l'expression de l'opposition / la concession, ◆ le participe présent/Adjectif verbal, ◆ l'expression explicite et implicite de la conséquence, ◆ lexique des valeurs civiques.
Tâche finale	• micro-trottoir sur la thématique de l'argent donné aux mendiants ; • 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 ; • justifier un point de vue ; • commenter.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité ; • intervenir de manière adéquate dans une conversation ; • utiliser des expressions figées usuelles dans un échange. • comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques.
Langue	• l'infinitif passé ; • les expressions idiomatiques relatives à la famille ; • la modalisation : les auxiliaires de modalité : pouvoir, devoir, falloir, sembler ; • 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 ! » ; • 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 ; • justifier un point de vue ; • expliquer.
Culture et société	• l'utilisation de la langue de spécialité ; • comprendre l'implicite culturel en relation avec certaines expressions idiomatiques ; • 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) ; • les expressions idiomatiques relatives à l'école ; • 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 ; • 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 ; • caractériser pour produire un effet ; • caractériser pour idéaliser, pour diaboliser.
Culture et société	• découvrir les mutations qu'a connues l'espace urbain ; • caractériser la ville du futur, la ville intelligente.
Langue	• les prépositions de localisation ; • 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 ; • le vocabulaire de la mobilité urbaine intelligente ; • le vocabulaire de l'urbanisme.
Tâche finale	• présenter un diaporama descriptif d'une ville ; • dans le cadre d'un concours de la mairie « notre ville en 2050» ; • décrire la ville de demain.

Unité 4.2. Féminisme

Tâche initiale	• décrire un phénomène social.
Communication	• décrire le féminisme, ses courants, et ses mutations ; • décrire pour informer ; • décrire pour sensibiliser.
Culture et société	• interroger l'évolution du mouvement féministe et ses éventuelles dérives ; • amener les élèves à réfléchir sur la problématique relation homme/femme au sein de la société ; • s'interroger sur la condition féminine dans notre région : le Maghreb.
Langue	• la préposition dans le complément du nom ; • la préposition + le pronom relatif lequel ; • les figures de style : métaphore et périphrase ; • 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) ; • 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 ; • les procédés d'adaptation cinématographique.
Langue	• le passé simple ; • le passé antérieur ; • l'antériorité ; • vocabulaire du cinéma et de la littérature ; • expressions idiomatiques.
Tâche finale	• raconter oralement une scène d'un film adapté d'un roman ; • 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 ; • prendre position ; • introduire une idée.
Culture et société	• se prémunir contre les fausses informations ; • développer un esprit critique ; • utiliser des expressions idiomatisées en rapport avec le thème.
Langue	• les verbes d'opinion avec la négation et l'interrogation ; • expressions pour introduire une idée ; • vocabulaire des médias ; • expressions idiomatiques.
Tâche finale	• s'exprimer pour condamner les fausses informations ; • 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 ; • 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 ; • approuver/ désapprouver ; • utiliser les expressions idiomatiques.
Langue	• les mots-valises ; • les latinismes ; • l'expression de l'intensité : ◆ les préfixes et les suffixes d'intensité, ◆ les expressions idiomatiques exprimant une intensité, ◆ vocabulaire du numérique.
Tâche finale	• participer à un débat d'idées : la réalité virtuelle, refuge ou piège ? • 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 ; • reformuler ; • expliquer ; • clarifier.
Culture et société	• adapter le registre de langue à la situation de communication ; • la langue de spécialité.
Langue	• les registres de langue ; • le discours direct et indirect ; • les expressions de reformulation (de clarification) ; • 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 ; • 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 ; • donner des arguments ; • présenter des exemples.
Culture et société	• confronter différents types d'aliments ; • réfléchir au rapport entre l'alimentation et la santé ; • utiliser les expressions idiomatiques en rapport avec l'alimentation à bon escient.
Langue	• le vocabulaire péjoratif et mélioratif ; • les locutions adverbiales ; • le vocabulaire de l'alimentation.
Tâche finale	• faire un exposé sur l'importance d'une alimentation saine pour une bonne santé ; • 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 ; • hiérarchiser ses idées.
Communication	• hiérarchiser des arguments ; • faire des transitions ; • conclure : introduire une conclusion indépendante des arguments antérieurs.
Culture et société	• connaître les rituels d'un entretien professionnel ; • s'initier au domaine de la santé : nuances entre les différents types de médecine.
Langue	• les procédés d'énumération ; • les articulations logiques : Addition, concession, opposition, restriction, conclusion ; • les résumatifs ; • infinitif et subjonctif ; • 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 ; • 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 ; • expressions idiomatiques autour des mots « argent » et« monnaie ».
Langue	• l 'expression de la cause et de la conséquence : ◆ la conséquence exprimée par des propositions corrélatives, ◆ verbes introduisant la cause ou la conséquence, ◆ participe présent/adjectif verbal, ◆ les expressions verbales (autour des verbes : payer acheter et vendre.), ◆ 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 ; • 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 ; • 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. • 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 : ◆ l'expression de l'intensité, ◆ les adverbes d'intensité, ◆ les superlatifs. • les préfixes à valeur intensive ; • l'hyperbole ; • 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 ; • 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 Groupement 9	RÉSUMÉ : autonomie (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

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.

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 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, 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 9.1 – 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. 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 – 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 2. time management and self-efficacy 3. leadership and Personal development 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 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 8. teaming and group dynamics 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 11. civil society and social change 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 **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 **17.** food engineering: food around the world. **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 • Talk about quantity in English • Ask for/give opinion • Say you think something is true • Say you think something isn't true • Make predictions • Use conditional Type 1	**Grammar** • Any, some, a lot of • All, none, (not) any, enough, (a) few • Review of all tenses (all forms). (A piece of news about a new technology) • Use conditional type 1 **Vocabulary** • Technology (IT collocations) • School and education (Online learning) • Regular vs. irregular plurals • Past participles • The news **Pronunciation** • Rising and falling intonation	• Fact checking • Commenting • Formal vs. informal language • 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 **Reading for information and argument** • Skimming questions to predict content • Synthesize, create new ideas, predict and draw conclusions • Decoding (Advert, …) **Listening/viewing** **Understanding audio / video media** **Identifying cues and inferring** • Infer word meanings from the context • 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 • Turn-taking **Ask for information** **Ask for/ give opinion** **Make predictions**	**Speaking** **Sustained monologue: putting a case** • Talk about technology • Talk about media • Debate the credibility of a piece of news **Addressing audiences** • Present a new technology for sale **Writing** **Report** • Write a news report about a new invention (medical/industrial/ technological)

Independent Learning	
Assessment	Evaluation & Remediation **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 • Ask and talk about people's personalities • Use the comparative • Talk about past habits • Use the simple past of the verb to be was / were • Use used to/ didn't use to talk about changes in personality • Recognize simple past regular verb endings • Express reasons for personal changes • Write a description of oneself	**Grammar** • The simple past (verb to be) • Used to/ didn't use to • The simple past • Yes/No Questions • Wh-questions **Vocabulary** • Adjectives of Appearance and • Personality • Clothes • Eating habits **Pronunciation** • Regular Verbs endings -ed (t/d/ed) • 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 **Reading for information and argument** • can a text to identify specific information • Understanding simple questions • Skim a text for the main idea **Listening/viewing** **Understanding audio/video media and recordings** • Identify vocabulary related to personality and appearance **Understanding a conversation about past habits** • Listening for gist • Listening for detail	• Conversation: Give reasons for personal changes	**Speaking** **Sustained monologue:** • Describing one's family and oneself • Describing family member personalities • Talking about different physical appearances. • Talking about past habits (including eating habits) **Writing** **Creative writing** • Write an informal email describing oneself
Independent Learning		
Assessment	Evaluation & Remediation **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 • Invite or accept vs. refuse an invitation • Make arrangements to meet people • Use modals of possibility • Find information in a cinema program • Ask for /give a recommendation about sth.	**Grammar** • Past continuous • Future time (going to) • Demonstratives • Adjectives ending in-ed vs -ing • Modals of possibility **Vocabulary** • Music and movie genres • Things we spend money on • Natural places • Shopping and money • Confusing verbs: get; make; take; tell vs. say • Indoor activities • Types of TV shows • Entertainment (nouns and verbs) **Pronunciation** • Stress of words ending in -tion/ic • Pause	• Difference and similarities between different types of music across cultures • Gaming • Online entertainment platforms • 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 **Reading for instructions** • Get the gist of a simple text with visual support • Decide on the appropriate reading strategy to use for a reading task • Identifying parts of speech **Listening/viewing** **Understanding audio/video media and recordings** • Identify key information/details in a description • Understand information presented in oral/visual texts • Construct meaning from main ideas and supporting details, and draw • conclusions from visual texts presented with spoken and/or written text	• Informal discussion (with peers) Making and responding to suggestions Asking for/ giving a recommendation about something.	**Speaking** **Sustained monologue: describing experience** • Talk about media • Talk about films • Talk about holidays/ travel/transport • Talk about a journey • Talk about places you've been to **Writing** **Report** • Write about past entertaining events and your plans for future ones. • Review/Describe Films or series
Independent Learning		
Assessment	Evaluation & Remediation **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 • Talk about quantity in English • Ask for/give opinion • Say you think something is true • Say you think something isn't true • Make predictions • Use conditional Type 1	**Grammar** • Any, some, a lot of • All, none, (not) any, enough, (a) few • Review of all tenses (all forms). (A piece of news about a new technology) • Use conditional type 1 **Vocabulary** • Technology (IT collocations) • School and education (Online learning) • Regular vs. irregular plurals • Past participles • The news **Pronunciation** • Rising and falling intonation • Long vs. short vowel.	• Fact checking • Commenting • Formal vs. informal language • 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

Reading

Reading for information and argument

- Skimming questions to predict content
- Synthesize, create new ideas, predict and draw conclusions
- Decoding (Advert, …)

Listening/viewing

Understanding audio / video media
Identifying cues and inferring

- Infer word meanings from the context
- Interpret specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in visual texts with spoken and/or written text

Interaction

- Information exchange
- Turn-taking Ask for information Ask for/ give opinion Make predictions

Production

Speaking

Sustained monologue: putting a case

- Talk about technology
- Talk about media
- Debate the credibility of a piece of news

Addressing audiences

- Present a new technology for sale

Writing

Report

- Write a news report about a new invention (medical/industrial/ technological)

Independent Learning	
Assessment	Evaluation & Remediation **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 • Talk about what you have never done and always wanted to do • Use the present perfect tense • Use the superlative • Use modals (1) of ability vs. prohibition, (2) obligation and necessity • Express agreement vs. Disagreement • Write about the achievements of an idol • Talk about personal goals and career prospects	**Grammar** • Review of articles • Present perfect simple • The superlative (regular vs. irregular adjectives) • Modals (1) can, can't; can't, mustn't • Modals (2) must, have to **Vocabulary** • Phrasal verbs • Collocations to describe abilities • Collocations to describe achievement • Adverbs of degree/ Modifiers Pronunciation • Linked sounds • Heteronyms	• Gender preferences (similarities and differences) • Criteria for/ of success (motivation, pressure management, perseverance, time management, …) • 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 **Reading for information and argument** • Extract information from an informative text • Understand order of events in a biography • Interpret a timeline **Listening/viewing** **Understanding conversation between other people** • Recognize when people agree and disagree in a conversation • Listen for gist and then for detailed information • Understand facts in an interview	• Formal conversation (with peers) • Information exchange **Express agreement vs. Disagreement** **Express ability, prohibition, obligation and necessity**	**Speaking** **Sustained monologue: Describing experience and giving information** • Talk about personal achievements • Talk about abilities • Talk about obligations where you study **Writing** **Report** • Describe an unusual ability • Write a biography highlighting the achievement of a world figure
Independent Learning		
Assessment	Evaluation & Remediation **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 ◆ Use the simple past ◆ Talk about the elderly & social media ◆ Use reported speech ◆ Talk about Parent-Teen Communication ◆ Use Active vs. Passive Voice ◆ Talk about parents and kids - as different generations ◆ Use some mechanics accurately. ◆ Write a web post describing oneself as a generation representative in need of	**Grammar** ◆ Simple Past & "used to" ◆ Direct vs indirect speech (present and past reporting verbs) ◆ Active vs passive voice (present simple & past simple) **Vocabulary** ◆ Autonomy & independence ◆ The elderly & social media ◆ Parent-Teen Communication ◆ Generation Characteristics **Pronunciation** ◆ "-ed" → /d/, /t/ & /id/ & "used to" /s/ ◆ "say" & "said"	◆ become aware of the salient politeness conventions ◆ act appropriately. ◆ Express & respond to opinion, agreeing and disagreeing ◆ 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 ◆ Using Parallel translation in English & 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 **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. ◆ Use the past simple & the	**Grammar** ◆ 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 **Overall reading comprehension** ◆ read a factual text on media with a satisfactory level of comprehension **Reading for orientation** ◆ find and understand relevant information in a poster or other everyday material	**Conversation:** ◆ Maintain a discussion even with difficulty about media **Informal discussion:** ◆ Express beliefs, opinions and agree-	**Speaking** **Overall oral production:** ◆ Sustained monologue; describing experience ◆ Give a detailed account of the influence of media on society. **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 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 ◆ Use comparisons ◆ Talk about human & robot teachers ◆ Use can, could, will, would ◆ Talk about houses in the future ◆ Use identifying relative clauses ◆ Talk about the importance of technology ◆ Use the present perfect simple ◆ Use some mechanics accurately. ◆ Write an e-mail about the importance of technology in our life	**Grammar** ◆ Making comparisons ◆ Modals: can, could, will, would ◆ Identifying relative Clauses ◆ Present perfect Simple **Vocabulary** ◆ Techno-chauvinism (Adjectives & Nouns) ◆ Human vs Machine in Teaching ◆ House of the future ◆ Technology **Pronunciation** ◆ Comparison: “-er”, “-ier”, “more”, “less”, “than”, “as”, “-est”, “-iest”, “most”, “least” ◆ Strong & Weak forms of: “can, could, will, would.” ◆ 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. ◆ Make & respond to polite requests ◆ 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 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. ◆ Use identifying and non-identifying clauses. ◆ Use vocabulary related to intelligence and memory. ◆ Talk about The mind and procrastination ◆ Compare and contrast parallel translations. ◆ Use word stress intelligibly. ◆ Use some mechanics accurately. ◆ Describe visuals on intelligence and memory. ◆ Discuss videos and talks about inborn potentials and study skills. ◆ Write about your procrastinating experiences.	**Grammar** ◆ Identifying clauses and non-identifying clauses. **Vocabulary** Vocabulary themed by: ◆ Multiple intelligences and brain boosts. ◆ Procrastination ◆ Growth mindset **Pronunciation** ◆ Stress in words **Orthography** Accurate spelling and punctuation.	Act appropriately and politely ◆ 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 **Reading for orientation** ◆ Assess the text's relevance **Reading for information and**	**Conversation** ◆ Maintain a discussion though with difficulty on multiple intelligences	**Speaking** **Sustained monologue; describing experience** ◆ 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 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 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 – Become familiar with soft skills – Use compound adjectives related to personality traits +word formation – Expressions with verb take (take advantage of, take credit	**Grammar** – Word formation using compound adjectives – What-clause – 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 • The structure of an introduction • Words and Phrases for giving opinion, agreeing and disagreeing • Phrases for interrupting politely	
Assessment	Evaluation & Remediation **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. – Use vocabulary related to global issues – Use Future continuous and future perfect. – Use connectives / transitional	**Grammar** – Future continuous and future perfect – Connectives/transition words and phrases **Vocabulary** – 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
- Use intonation in questions
- Plan an argument.
- Write the body paragraphs of an essay

Pronunciation
- Rising and falling intonation in questions

Student Activities

Reception	Interaction	Production
Reading **Reading comprehension:** – Understand an article concerned with contemporary problems in which stances or viewpoints are adopted – Signal difference between facts and opinion – Recognize different structures in a text. **Listening/Viewing** **Audio-visual comprehension:** – Understand a clearly structured lecture – Recognize the point of view expressed.	– Students express their ideas and opinions with precision. – Students present orally to peers, using posters at a poster fair. – Students express themselves appropriately and avoid errors of formulation. – Students intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so. – Students express views effectively in writing.	**Speaking** **Sustained monologue:** – Giving information and a clear and detailed description of a research poster at a poster fair [Groups]. **Writing** **Reports and essays:** – Write the body paragraphs of an essay

Independent Learning	**Self-study Guide** • 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. – Discuss the issue of privacy vs. security. – Comprehend concept of smart technology and smart cities. – Understand cause and effect in writing. – Use compound adjectives about technology. – use phrases and Expressions in giving a presentation. – Describe charts, graphs, tables and statistics. – Use adverb intensifiers.	**Grammar** – Express cause and effect in writing – Use adverb intensifiers like so, extremely, etc. **Vocabulary** – Use compound adjectives about technology. – Expressions used in giving a presentation. – Expressions to describe charts, graphs, tables and statistics. **Pronunciation** – 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 **Reading comprehension:** – Understand articles concerned with technological issues in which stances or viewpoints are adopted. – Signal difference between facts and opinions **Listening** **Oral comprehension:** – Identify the main reasons for and against an argument or idea in a discussion conducted in a clear standard language. **Viewing** **Audio-visual comprehension:** – 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. – Students present orally to peers, using PowerPoint slides. **Online discussion:** – 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. **Turn-taking:** – Intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so.	**Speaking** **Oral production (In- class):** – Debate and decide if you agree or disagree with a statement, giving arguments to support your position. **Oral production (Webinar):** – 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. **Writing** **Essays and Reports:** – 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 • Create Forms (Google Forms) • Write about graphs, charts, and trends • Expressions used in giving a presentation.
Assessment	Evaluation & Remediation **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 – Talk about personal media diet. – Reflect on online citizenship. – Recognize the difference between facts and opinions – Use modals of deduction and speculation. – Write complex sentences using concession markers like although, despite – Use collocations linked to digital media – Ways to detect fake news and	**Grammar** – Use the subjunctive – Modals of deduction and speculation – Write complex sentences using concession and contrast markers like although, despite... **Vocabulary** – Vocabulary to express truth or fiction (verify, fabricate) – Collocations linked to digital media – Idiomatic expressions about media	– Reflect on proper online behaviour – 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	Interaction	Production
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.	– 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.	**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 • Create PowerPoint slides for educational use • 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 Evaluation & Remediation **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 – Discern the difference between gender and sex – The impact of globalization on gender roles – Use high-frequency verb collocations – Add emphasis with so ... that, such ... that, even, only – Use even so and even then, to introduce a contrasting idea – Use determiners and quantifiers – Collocations related to gender – Evaluate gender differences in language – Give a clear and prepared PowerPoint presentation	**Grammar** – Use high-frequency verb collocations – Add emphasis with so ... that, such ... that, even, only – Use even so and even then to introduce a contrasting idea **Vocabulary** – Collocations related to gender – Expressions to present data using slides **Pronunciation** – 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 **Reading comprehension:** – Understand articles concerned with gender issues in which stances or viewpoints are adopted. – Signal the difference between facts and opinion **Listening** **Oral comprehension:** – Identify the main reasons for and against an argument or idea in a discussion conducted in a clear standard language. **Viewing** **Audio-visual comprehension:** – 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. – Students present orally to peers, using posters at a poster fair. – Students intervene appropriately in discussion, exploiting appropriate language to do so. – Address opposite viewpoints with tactfulness – Students express views effectively in writing.	**Speaking** **Oral production (Conversation):** – 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 **Oral production (Slides):** – Give a clear, prepared presentation giving reasons in support of or against a gender issue. **Writing** **Essays and Reports:** – Write an opinion essay (2)

Independent Learning	**Self-Study Guide / Study It Yourself** • Create PowerPoint slides for educational use • Use determiners and quantifiers • 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 **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. ■ Break down information into components, examine relationships, & identify patterns. ■ 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 ■ Can detect the tone, purpose & key information in the report
Literary Analysis	■ Analyze and interpret symbolism in a given passage. ■ 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 ■ Interpret specific information, ideas, opinions and attitudes, presented in written texts ■ 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. ■ Recognize and comment on the **symbolic meaning** conveyed by **visual elements** ■ 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 ■ Considering **Perspectives**: demonstrate empathy by considering different interpretations or reactions ■ Using an appropriate and respectful **tone** ■ **Tailor comments** to the specific **audience** and **platform**
Content Area: translation	
Theme/ Version	■ Display familiarity with **translation tools** ■ Display sensitivity and awareness to the **lexical** and **syntactic** systems of both **English** and **French** ■ Transfer of **cultural** or **functional** content ■ Ability to **adapt** the writing **style** to match the **tone** and **style** of the original text ■ Ability to solve translation challenges, such as finding **equivalent expressions, dealing with ambiguity**, & addressing **cultural gaps** ■ Preserve the author's **voice/ intention** in the translated text.
Theme	■ **Theme**: creatively **adapt** the **content** while preserving the essence of the original. ■ **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.** 2. provide **evidence** for claims and **rationale** for paper 3. formulate a clear and concise **thesis** statement that reflects the main argument. 4. address **opposing viewpoints** to strengthen the overall argument and provide evidence and reasoning to refute counterarguments. 5. **Persuasive**: write a persuasive essay with a clear thesis statement and supporting evidence. 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. 9. **Identifying Patterns**: recognize patterns, themes, or commonalities across different sources. 10. **Theme Development**: establishing a central theme that connects the various sources. 11. Develop a clear **thesis** that synthesizes information from different sources. 12. **Blending** ideas from different sources into a cohesive and unified piece. 13. ensure smooth **transitions** between different sources and ideas. 14. provide **original analysis** and interpretation of the synthesized information. 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.