

# Bulletin de l'Union des Professeurs de classes préparatoires Scientifiques

---

## Comparatif de programmes 2004 – 2014

---

Directrice de la publication : Sylvie BONNET

Rédacteurs en chef : Claire BONNEFONT et Philippe PATTE

### Siège social et secrétariat

3 rue de l'École Polytechnique  
75005 PARIS

Téléphone  
01 43 26 97 92

Enregistreur  
09 79 94 26 97

Télécopie  
09 79 94 36 97

Courriel  
[ups@prepas.org](mailto:ups@prepas.org)



Prix du numéro : 3,10 €. Abonnement (4 numéros annuels) : 11 €.

Adresser les demandes d'abonnement et leur règlement au secrétariat.

CPPAP 0211 G 78674

Dépot légal à parution

Centre Graphique Ligérien - B.P. 6 - 45250 BRIARE - 02 38 31 39 70

## Comparatif des programmes 2004 – 2014

Vous trouverez dans cet extrait du *Bulletin vert* n° 248 d'automne 2014 un comparatif des programmes mis en place à la rentrée 2013 en première année (MPSI, PCSI, PTSI, TSI 1) et à la rentrée 2014 en seconde année (MP, PC, PSI, PT, TSI 2) en informatique, mathématiques, physique et chimie.

Dans certaines matières, les programmes ont beaucoup changé, tant dans leur forme que sur le fond. L'existence de ce comparatif ne dispense pas d'une lecture approfondie des programmes eux-mêmes. Vous les trouverez par exemple sur le site [education.gouv.fr](http://education.gouv.fr)<sup>1</sup>.

Le présent comparatif a été réalisé avec le plus grand soin, mais il n'a bien sûr aucune valeur contractuelle. Nous espérons néanmoins qu'il vous sera utile.

Une erreur présente dans la version originale parue dans le *Bulletin vert* d'automne 2014 a été corrigée. Si vous en repérez d'autres, nous vous remercions de nous les signaler (par exemple par mail à [philippe.patte@prepas.org](mailto:philippe.patte@prepas.org)).

---

1. Liens directs : [http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin\\_officiel.html?pid\\_bo=29620](http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?pid_bo=29620) et [http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin\\_officiel.html?pid\\_bo=30357](http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?pid_bo=30357) pour la première et la seconde années respectivement.

# Changement de programmes 2013–2014

## Comparatif des anciens et nouveaux programmes

<b>Informatique – option</b> .....	p. 4
<b>Mathématiques</b>	
Filière MPSI – MP .....	p. 6
Filière PCSI – PC .....	p. 11
Filière PCSI – PSI .....	p. 15
Filière PTSI – PT .....	p. 24
Filière TSI .....	p. 27
<b>Sciences physiques et chimiques</b> .....	p. 31
Physique–Chimie, filière MPSI – MP .....	p. 33
Physique, filière PCSI – PC .....	p. 37
Chimie, filière PCSI – PC .....	p. 41
Physique–Chimie, filière PSI .....	p. 44
Chimie, filière PTSI – PT .....	p. 47

# Informatique – option

**Une modification essentielle est l'abandon du Pascal :**

**seul subsiste le langage Caml.**

Le programme comporte toujours deux colonnes :

- la première colonne est indiquée **Contenus** ;
- la seconde colonne est appelée **Commentaires**, elle donne des indications ou des exemples possibles. *Les modifications concernant cette colonne seront indiquées en italique.*

## Méthodes de programmation

### Itération

Pas de différence : boucles conditionnelles et boucles inconditionnelles.

### Récurtivité

Peu de différences : les problèmes posés par la gestion de récursion sont passés de l'indication de leur mention à la phrase « On mettra l'accent sur les problèmes ... »

*Introduction* de la notion de pile d'exécution.

*Remarque* : la récursivité terminale n'est pas au programme, elle ne l'était pas non plus auparavant.

### Diviser pour régner

Peu de différences, seulement dans les commentaires : *les exemples possibles de la multiplication des polynômes ou des matrices ont été remplacés par l'exemple possible du calcul des points les plus proches dans un nuage de points du plan.*

### Programmation dynamique

*Ce paragraphe est nouveau* : principe de la méthode, choix d'une valeur caractérisant une solution optimale, définition récursive associée, mémoïzation, reconstruction d'une solution. *Les exemples proposés en commentaires sont : ordonnancements de tâches pondérées, alignement de séquences.*

### Analyse des algorithmes

L'étude de la complexité est explicitement réduite à l'étude du cas le pire. Il n'y a plus d'exemple de complexité en moyenne. Les complexités ne sont plus étudiées que lors de la présentation des algorithmes.

### Structures de données

Des distinctions sont introduites avec le vocabulaire :

- structures de données persistantes/impératives ;
- structures de données abstraites/concrètes.

Il n'y a toujours aucune connaissance exigible concernant les bibliothèques.

## Structures linéaires et arbres

- *Introduction* de la structure de file avec deux exemples de réalisation : par deux listes ou par un tableau lorsqu'il y a une taille maximale.
- *Disparition* de la notion d'arbre équilibré.
- *Introduction* de la structure de dictionnaire à l'aide d'un tableau, à l'aide d'un arbre binaire de recherche.
- *Introduction* de la structure de file de priorité ; réalisation par la notion de tas stocké dans un tableau.

## Graphes

*Ce paragraphe est nouveau.*

- Définitions.
- Représentations par matrice d'adjacence ou par listes d'adjacence.
- Opérations élémentaires : ajout/suppression d'une arête ou d'un sommet.
- Parcours en largeur et en profondeur.
- Algorithme de plus court chemin : Floyd-Warshall et Dijkstra.

## Logique

- *Disparition* des circuits logiques.
- *Disparition* de la notion de fonction booléenne.
- *Introduction* de la satisfiabilité avec usage de la représentation des formules de la logique par un arbre.

## Motifs et automates

L'état d'esprit de ce paragraphe a changé : la notion de motifs et de leur recherche est devenue première et les automates sont utilisés comme un outil.

- *Introduction* des algorithmes **naïfs** de recherche dans un texte.
- *Introduction* de la notion de langage local et des expressions régulières linéaires, non équivalence des notions. Passage d'une expression régulière à une expression régulière locale.
- *Introduction* explicite de l'automate de Glushkov et de l'algorithme de Berry-Sethi
- *Disparition* de la notion de langage reconnaissable donc de la réciproque du théorème de Kleene (rationalité des langages reconnaissables).
- *Disparition* des automates avec transitions instantanées.
- *Disparition* du lemme de l'étoile.

# Mathématiques

## Mathématiques, filière MPSI – MP

*Les nouveaux programmes sont structurés d'une façon très différente des anciens. À un comparatif linéaire partant des anciens programmes de MPSI et MP listant les différences, on a donc préféré une organisation thématique.*

### A. Modifications majeures

#### Suppressions

Les chapitres et notions ci-après disparaissent entièrement.

- Géométrie affine et affine euclidienne du plan et de l'espace.
- Coniques, quadriques.
- Étude métrique des courbes (longueur, abscisse curviligne, courbure).
- Surfaces.
- Intégrales multiples.
- Formes différentielles, intégrales curvilignes.
- Formes quadratiques.
- Espaces préhilbertiens complexes.
- Séries de Fourier.
- Équations différentielles non linéaires.

#### Ajouts

Apparaît un chapitre de probabilités, dont l'objectif est l'étude des variables aléatoires discrètes. En première année, on traite uniquement des probabilités sur un ensemble fini. En deuxième année, cet enseignement est précédé d'un chapitre sur les familles sommables, lui-même fondé sur une rapide présentation de la notion d'ensemble dénombrable.

### B. Autres modifications

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Vocabulaire ensembliste	Une partie du vocabulaire relatif aux relations d'ordre (majorant, mineur, plus petit et plus grand élément).	Relation d'équivalence, classe d'équivalence. En revanche, la notion d'ensemble quotient est hors programme. Ensembles dénombrables. Définition, propriétés de stabilité usuelles.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Algèbre générale	Factorisation d'un morphisme de l'anneau $\mathbb{Z}$ de noyau $n\mathbb{Z}$ . Caractéristique d'un corps.	Ordre d'un élément dans un groupe ; l'ordre d'un élément divise l'ordre du groupe. Attention, le théorème de Lagrange, dans le cas « général », n'est pas au programme. Décomposition d'une permutation d'un ensemble fini en produit de cycles à supports disjoints.
Arithmétique dans $\mathbb{Z}$ , polynômes		Notion de $p$ -valuation d'un entier relatif. Petit théorème de Fermat. Calcul de la fonction d'Euler, théorème d'Euler. Théorème chinois (dans sa version « isomorphisme d'anneaux »). Décomposition en éléments simples réels d'un élément de $\mathbb{R}(X)$ .
Algèbre linéaire, géométrie affine	Affinités. Dualité : base duale, antéduale, orthogonalité - en fait seulement implicitement au programme précédent pour cette dernière. Codimension. Familles de projecteurs associées à une décomposition d'un espace en somme directe de sous-espaces. Automorphismes d'algèbres $M \mapsto PMP^{-1}$ et $u \mapsto au a^{-1}$ .	Déterminant de Vandermonde.
Réduction des endomorphismes, des matrices carrées		Convention : le polynôme caractéristique est unitaire. Critère de diagonalisation portant sur le polynôme minimal (jusqu'à formulé uniquement en termes d'annulateur). Trigonalisabilité d'un endomorphisme nilpotent.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Réduction des endomorphismes, des matrices carrées (suite)		<p>Le programme ne définit pas les sous-espaces caractéristiques d'un endomorphisme, mais mentionne explicitement que si un endomorphisme <math>u</math> d'un espace de dimension finie <math>E</math> annule un polynôme scindé, alors <math>E</math> est somme directe de sous-espaces stables par <math>u</math> sur chacun desquels <math>u</math> induit la somme d'une homothétie et d'un nilpotent.</p> <p>Attention, la décomposition <math>D + N</math> (dite « de Dunford ») est hors programme.</p>
Espaces euclidiens, algèbre bilinéaire	<p>Identité du parallélogramme dans un espace préhilbertien réel.</p> <p>Produit vectoriel. Rotation d'angle <math>\theta</math> autour d'un vecteur <math>u</math> dans un espace euclidien orienté de dimension 3.</p> <p>Isométrie affine du plan et de l'espace.</p> <p>Similitudes (seule subsiste la définition des similitudes directes dans le plan complexe par <math>z \mapsto az + b</math>, sans caractérisation géométrique).</p> <p>Forme quadratique, produit scalaire hermitien. L'étude se borne aux espaces préhilbertiens réels.</p> <p>Adjoint d'un endomorphisme d'un espace euclidien.</p> <p>Endomorphisme autoadjoint positif, défini positif. Matrice symétrique positive, définie positive.</p>	<p>Suite orthonormée totale de vecteurs d'un espace préhilbertien. Convergence des projections associées.</p> <p>Attention, la relation de Parseval n'est pas mentionnée.</p> <p>Réduction d'une isométrie vectorielle d'un espace euclidien de dimension finie.</p>
Suites numériques, fonctions réelles de variable réelle	<p>Les suites <math>u_{n+1} = f(u_n)</math> font uniquement l'objet d'exemples. Aucun résultat n'est exigible, hormis le fait que la limite est point fixe de <math>f</math> si <math>f</math> est continue.</p> <p>Fonctions hyperboliques réciproques.</p> <p>Calcul approché des zéros d'une fonction.</p> <p>Calcul approché d'une intégrale (méthode des trapèzes).</p>	<p>Expression du terme général d'une suite arithmético-géométrique.</p> <p>Stricte monotonie d'une fonction continue et injective définie sur un intervalle de <math>\mathbb{R}</math> et à valeurs réelles.</p> <p>Condition nécessaire, condition suffisante d'ordre 2 pour un extremum local.</p> <p>Théorème de classe <math>C^k</math> par prolongement.</p>

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Séries, familles sommables	Critère de Cauchy pour la convergence d'une série.	Familles sommables de nombres réels ou complexes, théorème de sommation par paquets.
Topologie des espaces vectoriels normés	Relations de comparaison entre deux suites d'éléments d'un espace vectoriel normé. Suites de Cauchy, parties complètes, espace de Banach, espace de Hilbert, critère de Cauchy pour les fonctions. Norme subordonnée d'une application linéaire continue; le critère de continuité d'une application linéaire subsiste cependant. Critère de continuité d'une application bilinéaire. Algèbres normées. Série géométrique et série exponentielle dans une algèbre normée de dimension finie.	Composantes connexes par arcs d'une partie d'un espace vectoriel normé. Une suite bornée d'éléments d'un espace vectoriel normé de dimension finie converge si et seulement si elle a une unique valeur d'adhérence. Continuité des applications polynomiales définies sur un espace vectoriel normé de dimension finie.
Intégration, intégrales à paramètre	Présentation de l'intégrabilité via les suites exhaustives de segments. Espace des fonctions de carré intégrable sur $I$ . Fonction $\Gamma$ .	Notion d'intégrale convergente. Intégration par parties sur un intervalle quelconque. Intégration des relations de comparaison. Classe $C^k$ d'une intégrale à paramètre (l'hypothèse de domination ne porte que sur la dernière dérivée).
Fonctions vectorielles, courbes	Étude des points stationnaires, des courbes asymptotes et des arcs définis par une équation polaire. Par ailleurs, la pratique du tracé des arcs paramétrés n'est pas un objectif du programme, qui se borne à mentionner « Exemples simples d'arcs paramétrés plans ». Théorème de relèvement angulaire.	
Suites et séries de fonctions, séries entières	Approximation des fonctions continues sur un segment par les fonctions continues et affines par morceaux. Théorème d'approximation de Weierstrass trigonométrique.	Extension à la classe $C^k$ du théorème relatif aux suites de fonctions de classe $C^1$ .

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Équations différentielles linéaires	<p>Résolution de <math>y'' + ay' + by = P(x)e^{kx}</math> où <math>P</math> est un polynôme.</p> <p>Méthode d'Euler pour une équation linéaire homogène du premier ordre.</p> <p>Les calculs explicites sont limités (<math>n = 2</math> pour la variation des constantes, <math>n \leq 3</math> ou <math>A</math> diagonalisable pour les systèmes linéaires à coefficients constants).</p> <p>Le wronskien n'est défini que pour deux solutions d'une équation homogène d'ordre 2.</p>	Exponentielle de la somme de deux endomorphismes qui commutent.
Calcul différentiel	<p>Difféomorphismes.</p> <p>Conditions d'extremum local du second ordre (abordée uniquement en dimension 2 dans l'ancien programme).</p> <p>Surfaces paramétrées.</p> <p>Théorème des fonctions implicites.</p>	<p>Opérations sur les fonctions différentiables (et non plus de classe <math>C^1</math>).</p> <p>Définition de la classe <math>C^1</math> par la continuité de la différentielle.</p> <p>Formule</p> $f(b) - f(a) = \int_0^1 df_{\gamma(t)} \cdot \gamma'(t) dt$ <p>si <math>f</math> est de classe <math>C^1</math> sur <math>\Omega</math> et si <math>\gamma</math> est un arc de classe <math>C^1</math> tracé sur <math>\Omega</math> tel que <math>\gamma(0) = a, \gamma(1) = b</math>.</p> <p>Notion de vecteur tangent à une partie en un point.</p>

## Mathématiques, filière PCSI – PC

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Nombres complexes	Mot « corps ». Similitudes. Interprétation des module et argument de $\frac{z-a}{z-b}$ .	Transformation de $a \cos t + b \sin t$ en $A \cos(t - \varphi)$ .
Nombres réels	Mot « corps ». Notation $\overline{\mathbb{R}}$ . Tout intervalle de $\mathbb{R}$ rencontre $\mathbb{Q}$ .	
Ensembles	Loi de composition interne, groupe. Relation d'ordre, autre que $\leq$ sur $\mathbb{R}$ .	Fonction indicatrice d'une partie d'un ensemble. Relation d'équivalence, classes d'équivalence.
Dénombrement		PGCD et PPCM de 2 entiers. Nombre de $p$ -listes d'éléments distincts d'un ensemble de cardinal $n$ .
Fonctions d'une variable réelle	Fonctions th, Argch, Argsh, Argth. Notations $\inf f$ , $\sup f$ , $\inf(f, g)$ et $\sup(f, g)$ . Définition de l'exponentielle comme solution d'une équation fonctionnelle. Fonctions $C^1$ par morceaux. Difféomorphismes. Fonctions convexes. Inégalité de Taylor-Lagrange. Caractérisation séquentielle de la limite.	Forme normalisée d'un développement limité. Développement limité en 0 à tout ordre de Arctan et à l'ordre 3 de tangente.  Composition d'une fonction continue et d'une suite convergente.
Intégration	Intégrales doubles et triples. Intégrales curvilignes. Formule de Green-Riemann.	Formule d'intégration par parties pour les intégrales impropres.
Fonctions de plusieurs variables	Dérivée suivant un vecteur. Difféomorphismes. Matrice jacobienne. Champs de vecteurs.	Notation $\nabla f$ . Changements de variables affines et en polaires. Gradient de $f$ orthogonal aux lignes de niveau.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Équations différentielles	Méthode de variation des constantes pour les équations différentielles linéaires. Wronskien. Équations différentielles non linéaires. Systèmes autonomes.	Équivalence entre une équation scalaire d'ordre 2 et un système à 2 équations d'ordre 1.
Espaces vectoriels normés	Espaces de dimension infinie. Comparaison et équivalence de normes.	Parties convexes. Une suite converge si et seulement si ses suites coordonnées convergent. Point intérieur à une partie. Caractérisation séquentielle des points adhérents. Intérieur, adhérence, frontière (seulement les définitions). Si $f$ est continue de $E$ dans $\mathbb{R}$ , alors l'ensemble défini par $f(x) > 0$ est un ouvert et ceux définis par $f(x) = 0$ et $f(x) \geq 0$ sont des fermés. Continuité des applications multilinéaires.
Suites et séries de fonctions	Théorème de double passage à la limite (pour les limites au bord d'un intervalle de convergence normale d'une série de fonctions). Approximation uniforme des fonctions continues par morceaux par des fonctions en escalier. Approximation uniforme des fonctions continues par des fonctions polynomiales. Approximation uniforme des fonctions continues périodiques par des polynômes trigonométriques.	Convergence uniforme des suites et séries de fonctions. La convergence normale d'une série de fonctions implique sa convergence uniforme. Théorèmes d'intégration, de continuité, dérivabilité, dérivabilité d'ordre supérieur à 2, et convergence uniforme pour des suites ou des séries de fonctions.
Séries entières	Théorème de continuité au bord de l'intervalle de convergence.	Utilisation d'une équation différentielle linéaire pour développer une fonction en série entière.
Séries de Fourier	Tout le chapitre disparaît du programme.	
Probabilités discrètes		Tout ce chapitre est nouveau.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Fonctions vectorielles, arcs paramétrés, géométrie plane	<p>Paramétrages admissibles.</p> <p>Pour un arc paramétré, étude des points stationnaires et des asymptotes.</p> <p>Courbes définies par une représentation polaire. Équation polaire d'une courbe, d'un cercle passant par O, d'une droite.</p> <p>Formule donnant la distance d'un point à une droite.</p> <p>Équation normale d'une droite.</p> <p>Géométrie affine du plan.</p> <p>Coniques.</p> <p>Étude métrique des courbes planes, longueur d'un arc, abscisse curviligne, repère de Frénet, formules de Frénet, courbure, rayon de courbure.</p>	
Géométrie dans l'espace	<p>Coordonnées cylindriques, sphériques.</p> <p>Produit vectoriel.</p> <p>Perpendiculaire commune.</p> <p>Abscisse curviligne d'une courbe de <math>\mathbb{R}^3</math>.</p> <p>Surfaces.</p> <p>Cylindres, cônes, surfaces de révolution et quadriques.</p> <p>Géométrie affine de l'espace.</p>	
Polynômes	<p>Les relations entre coefficients et racines sont limitées à la somme et au produit des racines.</p> <p>Interpolation de Lagrange.</p>	
Espaces vectoriels	<p>Formes linéaires et hyperplans.</p> <p>Famille de projecteurs associée à une décomposition en somme directe.</p> <p>Isomorphisme entre l'image d'une application linéaire et un supplémentaire du noyau.</p> <p>Sous-espaces affines.</p>	<p>Une famille de polynômes échelonnés en degrés est libre.</p> <p>Fractionnement d'une base pour fabriquer des sous-espaces vectoriels supplémentaires.</p>

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Matrices		<p>Notations <math>A^T</math> et <math>{}^t A</math> pour la transposée de <math>A</math>.</p> <p>Matrice augmentée d'un système linéaire.</p> <p>Matrices équivalentes par lignes/colonnes.</p> <p>Matrice échelonnée ou échelonnée réduite par lignes/colonnes.</p>
Déterminant	<p>Vocabulaire « forme <math>n</math>-linéaire alternée ».</p> <p>Formule de changement de base pour le déterminant d'une famille de vecteurs.</p> <p>Formules de Cramer.</p>	Déterminant de Vandermonde.
Réduction	Polynômes d'un endomorphisme, d'une matrice carrée, et applications à la réduction des endomorphismes et des matrices.	<p>Le polynôme caractéristique est unitaire.</p> <p>Structure de l'ensemble des suites numériques vérifiant une relation de récurrence linéaire d'ordre <math>p</math> lorsque l'équation caractéristique a <math>p</math> racines distinctes.</p>
Espaces préhilbertiens et euclidiens	<p>Produits scalaires hermitiens, espaces préhilbertiens complexes.</p> <p>Étude et classification des matrices orthogonales d'ordre 3.</p>	<p>Le vocabulaire « automorphisme orthogonal » est remplacé par « isométrie vectorielle ».</p> <p>Si un sous-espace est stable par une isométrie vectorielle, alors son orthogonal l'est aussi.</p> <p>Isométrie vectorielle positive.</p>
Méthodes numériques	<p>Méthodes de dichotomie, de Newton.</p> <p>Méthodes des rectangles, des trapèzes.</p> <p>Méthode d'Euler.</p> <p><i>Ces méthodes sont enseignées en cours d'informatique.</i></p>	

# Mathématiques, filière PCSI – PSI

## A. Résumé

Liste résumée des notions ayant disparu du programme.

- Structures algébriques ;
- relations coefficients-racines autres que somme et produit ;
- formes bilinéaires et formes quadratiques ;
- produits scalaires hermitiens ;
- bases duales ;
- structure de l'ensemble des polynômes annulateurs d'un endomorphisme ;
- interpolation de Lagrange ;
- formule donnant le déterminant à l'aide du groupe symétrique ;
- comatrice ;
- adjoint ;
- fonctions hyperboliques réciproques et tangente hyperbolique ;
- fonctions convexes ;
- fonctions de classe  $C^k$  par morceaux (pour  $k \geq 1$ ) ;
- limites dans le cas des EVN de dimension infinie ;
- suites de Cauchy ;
- normes subordonnées ;
- théorèmes d'approximation uniforme ;
- séries de Fourier ;
- courbes en polaire ;
- étude métrique des courbes ;
- coniques et quadriques ;
- intégrales doubles ou curvilignes ;
- différentielle d'une composée dans le cas général (en utilisant les matrices jacobiniennes, qui ne sont plus au programme) ;
- méthode de variation des constantes pour les équations différentielles linéaires d'ordre 2 ;
- équations différentielles non linéaires.

Ci-dessous, une description plus détaillée des différences.

## B. Algèbre générale

La seule structure dont la définition est encore au programme est celle d'espace vectoriel. Le terme de groupe peut être défini par le professeur, mais aucune connaissance n'est exigible. Anneaux et corps ont disparu.

Les relations d'équivalence, ainsi que la notion de classe d'équivalence réapparaissent au programme, mais pas celle d'ensemble quotient.

La notion de fonction indicatrice d'une partie d'un ensemble est au programme.

La division euclidienne des entiers est limitée à  $\mathbb{N}$ . Le PGCD et le PPCM de deux entiers sont définis.

Les seules relations entre coefficients et racines d'un polynôme sont celles concernant la somme et le produit.

Les fractions rationnelles restent hors programme.

La seule relation d'ordre à connaître est la relation d'ordre naturel sur  $\mathbb{R}$ .

En dénombrement, les étudiants doivent connaître, en plus de ce qui était précédemment au programme, le nombre de  $p$ -listes sans répétition (c'est-à-dire d'applications injectives entre deux ensembles finis).

### C. Algèbre linéaire et bilinéaire

Il est à noter que l'introduction en PCSI de l'algèbre linéaire fait l'objet d'une démarche très différente de ce qui se pratiquait auparavant. Le point de vue initial est celui des systèmes linéaires et de l'algorithme du pivot de Gauss. L'aspect matriciel et les notions de matrices équivalentes en ligne, de matrice échelonnée et de matrice échelonnée réduite, ainsi que d'inconnues principales et secondaires, apparaissent très rapidement dans cette démarche. L'algèbre linéaire abstraite est introduite plus tard, au second semestre.

Les déterminants sont introduits en première année. L'expression « forme multilinéaire alternée » n'apparaît pas dans le programme. La formule développée avec les permutations n'est plus au programme, pas plus que les générateurs du groupe des permutations ni la signature. La comatrice et l'expression de l'inverse non plus. En revanche, l'expression du déterminant de Vandermonde est à connaître.

Les étudiants doivent savoir qu'une famille de polynômes de degrés échelonnés est libre.

Le théorème d'isomorphisme entre supplémentaires du noyau et image n'est plus au programme. Il en va de même des polynômes d'interpolation de Lagrange.

La caractérisation algébrique des projecteurs associés à une décomposition de  $E$  en somme directe n'est plus au programme.

Les formes linéaires et hyperplans ne sont traitées qu'en dimension finie, et la dualité n'est plus au programme.

### D. Réduction

Les idéaux de  $\mathbb{K}[X]$  ne sont plus au programme, donc plus aucune structure de l'ensemble des polynômes annulateurs d'un endomorphisme n'est à connaître.

Le polynôme caractéristique est unitaire ( $\det(XI_n - A)$ ).

Les étudiants doivent savoir qu'un endomorphisme est trigonalisable si et seulement si son polynôme caractéristique est scindé (démonstration non exigible).

Les notions générales de forme bilinéaire symétrique et de forme quadratique ne sont plus au programme. Seul le cas préhilbertien *réel* est traité. *Le cas complexe a disparu.*

La notion générale d'adjoint n'est plus au programme. Seuls les endomorphismes symétriques (qui ne sont par conséquent plus dénommés autoadjoints) subsistent, avec bien sûr le théorème spectral. En revanche, les coniques et quadriques ne sont plus au programme (voir la section « Géométrie »).

### E. Fonctions

La fonction tangente hyperbolique, ainsi que les fonctions réciproques hyperboliques, ne sont plus au programme. Les seuls logarithmes définis sont le népérien et le décimal.

Le programme introduit la notion de « forme normalisée d'un développement limité » (de la forme  $h^p(a_0 + \dots + a_n h^n + o(h^n))$ , avec  $a_0 \neq 0$ ).

Le développement limité de Arctan, ainsi que celui de tan à l'ordre 3, ont été ajoutés au programme.

La notion de fonction convexe n'est plus au programme.

Aucune construction de l'intégrale n'est imposée.

Les questions d'approximation (dichotomie, Newton, rectangles, trapèzes...) sont traitées dans le programme d'informatique.

Il n'y a plus d'inégalité de la moyenne.

Il n'y a plus d'égalité, ni d'inégalité de Taylor-Lagrange. Seuls la forme avec reste intégral et le théorème de Taylor-Young sont au programme.

Pour  $k \geq 1$ , la notion de fonction de classe  $C^k$  par morceaux disparaît. En revanche, le cadre pour l'intégration reste celui des fonctions continues par morceaux.

On n'intègre plus de fonctions à valeurs vectorielles. La rédaction de la partie relative à la dérivation des fonctions vectorielles de variable réelle a été considérablement allégée, et a pour visée essentielle les systèmes et la géométrie différentiels. Seul le cas de  $\mathbb{R}^n$  est évoqué.

Un théorème apparaît sur l'intégration par parties d'intégrales impropres : si le produit  $fg$  admet des limites finies aux bornes, alors les intégrales de  $fg'$  et  $f'g$  sont de même nature et, dans le cas de convergence, on a l'égalité attendue.

Il n'est plus fait référence au nom de Leibniz pour la dérivation d'une intégrale à paramètre.

## F. Espaces vectoriels normés

Seules les définitions de base sont traitées dans le cadre général, essentiellement en vue de l'interprétation de la convergence uniforme. La convergence des suites, les limites et continuité de fonctions sont traitées exclusivement dans le cas de la dimension finie. En conséquence, les notions de normes équivalentes, de convergence en moyenne ou en moyenne quadratique sont hors programme. On se contente d'admettre que les notions étudiées ne dépendent pas du choix de la norme.

La définition d'une partie convexe doit être connue.

*Les suites de Cauchy ne sont plus au programme.*

Les résultats sur l'intersection et la réunion d'ouverts et de fermés ne sont plus au programme.

Les définitions (et elles seules) de l'intérieur, de l'adhérence, de la frontière, doivent être connues.

Les résultats sur l'image réciproque d'ouverts ou de fermés par une application continue sont réduits au cas de fonctions numériques et de situations du type  $f(x) > 0$ ,  $f(x) \geq 0$  ou  $f(x) = 0$ .

Le terme de compact a disparu. En revanche, les étudiants doivent savoir que l'image d'une partie fermée bornée par une application numérique continue est bornée et atteint ses bornes (démonstration non exigible).

Les notions de norme subordonnée et de norme d'algèbre ne sont plus au programme.

La continuité des applications bilinéaires a été supprimée, au profit d'un résultat sur la continuité des applications multilinéaires et polynomiales sur  $\mathbb{K}^n$ , et en particulier du déterminant.

## G. Suites et séries

La démonstration du théorème de continuité des suites uniformément convergentes de fonctions continues est désormais exigible. En revanche, la disparition des suites de Cauchy a pour conséquence que la démonstration du théorème de double limite est devenue hors programme.

Les étudiants peuvent montrer qu'une limite de fonctions de classe  $C^k$  est de classe  $C^k$  en limitant l'uniformité de la convergence à la dernière dérivée.

Les théorèmes d'approximation uniforme (fonctions en escaliers, Weierstrass) ne sont plus au programme.

### ***Les séries de Fourier ne sont plus au programme.***

Les étudiants doivent savoir comparer les rayons de convergence de deux séries entières à partir de la comparaison des coefficients.

Ils doivent savoir utiliser la règle de d'Alembert pour calculer un rayon de convergence.

Les développements en série entière des fonctions Arctan, sh et ch ont été ajoutés au programme.

## **H. Calcul différentiel à plusieurs variables**

Il n'y a plus ni intégrales multiples, ni formes différentielles, ni intégrales curvilignes.

Le cadre est celui de fonctions de  $\mathbb{R}^p$  dans  $\mathbb{R}$ . La notion de fonction différentiable n'est plus au programme. Seul le cas des fonctions de classe  $C^1$  est traité. Il n'y a plus de matrice jacobienne, ni de notion de  $C^1$ -difféomorphisme, ni d'énoncé sur la composée des différentielles. Seule la règle de dérivation de fonctions du type  $t \mapsto f(x_1(t), \dots, x_p(t))$  est à connaître (« règle de la chaîne »), avec application aux dérivées partielles de  $(u, v) \mapsto f(x(u, v), y(u, v))$ . Les étudiants doivent savoir caractériser les fonctions de classe  $C^1$ , constantes sur un ouvert convexe.

L'inégalité des accroissements finis est hors programme.

## **I. Équations différentielles**

*Seules les équations différentielles linéaires sont traitées.*

La structure de l'ensemble des solutions doit être connue, mais la locution « système fondamental de solutions » n'est plus employée. Le wronskien et la méthode de variation des constantes (pour les équations du second ordre) sont hors programme. Les étudiants doivent seulement connaître la forme des solutions d'équations scalaires d'ordre 2 à coefficients constants, avec second membre de la forme  $Ae^{\lambda t}$ ,  $A\cos(\omega t)$  ou  $A\sin(\omega t)$ .

La méthode de Lagrange consistant, pour une équation du second ordre, à utiliser une solution de l'équation homogène ne s'annulant pas, n'est plus mentionnée dans le programme.

## **J. Géométrie**

Cette section a entièrement disparu du programme de première année. Les sous-espaces affines, les configurations usuelles du plan ou de l'espace, les similitudes, les coniques et quadriques, sont hors programme.

En deuxième année, on se contente d'un peu de géométrie différentielle : courbes paramétrées, points réguliers, tangentes, longueur d'un arc. L'étude des courbes en coordonnées polaires n'est plus au programme, ni les notions d'abscisse curviligne ou de paramétrage normal. Ont bien entendu disparu les repères de Frenet, courbure, etc.

Les coordonnées polaires ne sont évoquées que par le biais de changements de variable dans les équations aux dérivées partielles.

Les coordonnées cylindriques et sphériques ne sont plus au programme en mathématiques.

On admet qu'au voisinage d'un point régulier, on peut paramétrer localement les lignes de niveau d'une fonction de classe  $C^1$  de deux variables.

Les étudiants doivent savoir que ces lignes sont orthogonales au gradient de  $f$  et interpréter le sens de ce gradient.

Les surfaces sont définies à partir d'une équation cartésienne. C'est à partir de ce point de vue que sont définis les points réguliers et plans tangents.

## **K. Probabilités**

Cette section est entièrement nouvelle.

## L. Index des notations

Le programme fixe un certain nombre de notations (parfois avec plusieurs options), indiquées ci-dessous dans l'ordre où elles apparaissent.

$\complement_E A, \bar{A}, E \setminus A$	complémentaire
$\mathcal{F}(E, F), F^E$	ensemble des fonctions de $E$ dans $F$
$\mathbb{1}_A$	fonction indicatrice
tan	tangente
$\cup$	complexes de module 1
$\cup_n$	racines $n$ -ièmes de l'unité
$\binom{n}{p}$	coefficients binomiaux
log ou $\log_{10}$	logarithme décimal
$\lfloor x \rfloor$	partie entière
$(A   B)$	matrice augmentée du système $AX = B$ (PCSI)
$L_i \leftrightarrow L_j, L_i \leftarrow L_i + \lambda L_j, L_i \leftarrow \lambda L_i$	opérations élémentaires
$A \sim B, A \underset{L}{\sim} B, A \underset{C}{\sim} B$	matrices équivalentes en ligne, en colonne (PCSI)
$I_n$	matrice unité
$A^T, {}^t A$	transposée
$ A , \text{Card } A, \#A$	cardinal
$\mathbb{K}_n[X]$	polynômes de degré $\leq n$
$\langle x, y \rangle, (x   y), x \cdot y$	produit scalaire
$p_B(A), p(A   B)$	probabilité conditionnelle
$\{X \in A\}, (X \in A)$	événement $X^{-1}(A)$
$X \hookrightarrow \mathcal{B}(p)$	$X$ suit la loi de Bernoulli de paramètre $p$
$X \hookrightarrow \mathcal{B}(n, p)$	$X$ suit la loi binomiale de paramètres $n$ et $p$
$\chi_A, \chi_u$	polynôme caractéristique d'une matrice, d'un endomorphisme
$O(E), O_n(\mathbb{R}), O(n), SO_n(\mathbb{R}), SO(n)$	groupe (spécial) orthogonal
$[\vec{u}, \vec{v}], [\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}]$	produit mixte
$X \hookrightarrow \mathcal{G}(p)$	$X$ suit la loi géométrique de paramètre $p$
$X \hookrightarrow \mathcal{P}(\lambda)$	$X$ suit la loi de Poisson de paramètre $\lambda$
$\partial_i(f), \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$i$ -ième dérivée partielle
$df(a).h$	valeur en $h$ de la différentielle de $f$ au point $a$
$\nabla f$	gradient
$\partial_{i,j}^2(f), \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j}$	dérivées partielles secondes

## M. Bilan

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Nombres complexes	Mot « corps ». Similitudes. Interprétation des module et argument $\frac{z-a}{z-b}$ .	Transformation de $a \cos t + b \sin t$ en $A \cos(t - \varphi)$ .
Nombres réels	Mot « corps ». Notation $\overline{\mathbb{R}}$ . Tout intervalle de $\mathbb{R}$ rencontre $\mathbb{Q}$ .	
Ensembles	Loi de composition interne, groupe, anneau, corps. Relation d'ordre, autre que $\leq$ sur $\mathbb{R}$ .	Fonction indicatrice d'une partie d'un ensemble. Relation d'équivalence, classes d'équivalence.
Dénombrément		PGCD et PPCM de 2 entiers. Nombre de $p$ -listes d'éléments distincts d'un ensemble de cardinal $n$ .
Fonctions d'une variable réelle	Fonctions th, Argch, Argsh, Argth. Notations $\inf f$ , $\sup f$ , $\inf(f, g)$ et $\sup(f, g)$ . Définition de l'exponentielle comme solution d'une équation fonctionnelle. Fonctions $C^1$ par morceaux. Difféomorphismes. Fonctions convexes. Inégalité de Taylor-Lagrange.	Forme normalisée d'un développement limité. Développement limité en 0 à tout ordre de Arctan, à l'ordre 3 de tangente.
Intégration	Intégrales doubles et triples. Intégrales curvilignes. Formule de Green-Riemann.	Formule d'intégration par parties pour les intégrales impropres.
Fonctions de plusieurs variables	Fonctions différentiables. Dérivée suivant un vecteur. Difféomorphismes. Matrice jacobienne. Composée des différentielles. Inégalités des accroissement finis. Champs de vecteurs.	Dérivée de $t \mapsto f(x_1(t), \dots, x_p(t))$ , dérivées partielles de $(u, v) \mapsto f(x(u, v), y(u, v))$ . Notation $\nabla f$ . Changements de variables affines et en polaires. Gradient de $f$ orthogonal aux lignes de niveau.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Équations différentielles	Méthode de variation des constantes pour les équations différentielles linéaires. Wronskien. Équations différentielles non linéaires.	Équivalence entre une équation scalaire d'ordre 2 et un système à 2 équations d'ordre 1.
Espaces vectoriels normés	Comparaison et équivalence de normes. Suites de Cauchy. Union et intersection d'ouverts, de fermés. Image réciproque d'un ouvert ou d'un fermé : subsistent uniquement les situations simples $f(x) = 0$ ou $f(x) > 0$ ou $f(x) < 0$ , avec $f$ continue. Le mot « compact ». Seule subsiste l'image d'une partie fermée et bornée par une fonction réelle continue.  Normes subordonnées. Continuité des applications bilinéaires	Parties convexes. Intérieur, adhérence, frontière (seulement les définitions).         Continuité des applications multilinéaires et polynomiales sur $\mathbb{K}^n$ .
Suites et séries de fonctions	Approximation uniforme des fonctions continues par morceaux par des fonctions en escalier. Approximation uniforme des fonctions continues par des fonctions polynomiales. Approximation uniforme des fonctions continues périodiques par des polynômes trigonométriques.	
Séries entières		Comparaison des rayons de convergence de deux séries entières à partir d'une comparaison de leurs coefficients.  Utilisation d'une équation différentielle linéaire pour développer une fonction en série entière.  Développement en série entière de $\text{Arctan}$ , $\text{sh}$ et $\text{ch}$ .

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Séries de Fourier	Tout le chapitre disparaît du programme.	
Probabilités discrètes		Tout ce chapitre est nouveau.
Fonctions vectorielles, arcs paramétrés, géométrie plane	<p>Paramétrages admissibles.</p> <p>Courbes définies par une représentation polaire. Équation polaire d'une courbe, d'un cercle passant par O, d'une droite.</p> <p>Formule donnant la distance d'un point à une droite.</p> <p>Équation normale d'une droite.</p> <p>Géométrie affine du plan.</p> <p>Coniques.</p> <p>Étude métrique des courbes planes, abscisse curviligne, repère de Frénet, formules de Frénet, courbure, rayon de courbure.</p>	
Géométrie dans l'espace	<p>Coordonnées cylindriques, sphériques.</p> <p>Perpendiculaire commune.</p> <p>Abscisse curviligne d'une courbe de <math>\mathbb{R}^3</math>.</p> <p>Nappe paramétrée.</p> <p>Géométrie affine de l'espace.</p>	
Polynômes	<p>Les relations entre coefficients et racines sont limitées à la somme et au produit des racines.</p> <p>Interpolation de Lagrange.</p>	
Espaces vectoriels	<p>Dualité.</p> <p>Formes linéaires et hyperplans désormais uniquement en dimension finie.</p> <p>Famille de projecteurs associée à une décomposition en somme directe.</p> <p>Isomorphisme entre l'image d'une application linéaire et un supplémentaire du noyau.</p> <p>Sous-espaces affines.</p>	<p>Une famille de polynômes échelonnés en degrés est libre.</p> <p>Fractionnement d'une base pour fabriquer des sous-espaces vectoriels supplémentaires.</p>

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Matrices		<p>Notations <math>A^T</math> et <math>{}^tA</math> pour la transposée de <math>A</math>.</p> <p>Matrice augmentée d'un système linéaire.</p> <p>Matrices équivalentes par lignes/colonnes.</p> <p>Matrice échelonnée ou échelonnée réduite par lignes/colonnes.</p>
Déterminant	<p>Groupe symétrique.</p> <p>Vocabulaire « forme <math>n</math>-linéaire alternée ».</p> <p>Formule de changement de base pour le déterminant d'une famille de vecteurs.</p> <p>Comatrice. Formules de Cramer.</p>	Déterminant de Vandermonde.
Réduction	Idéal d'un anneau. Idéaux de $\mathbb{K}[X]$ .	<p>Le polynôme caractéristique est unitaire.</p> <p>Structure de l'ensemble des suites numériques vérifiant une relation de récurrence linéaire d'ordre <math>p</math> lorsque l'équation caractéristique a <math>p</math> racines distinctes.</p> <p>CNS de trigonalisabilité.</p>
Espaces préhilbertiens et euclidiens	<p>Produits scalaires hermitiens, espaces préhilbertiens complexes.</p> <p>Forme bilinéaire symétrique, forme quadratique.</p> <p>Adjoint.</p>	<p>Le vocabulaire « automorphisme orthogonal » est remplacé par « isométrie vectorielle ».</p> <p>Si un sous-espace est stable par une isométrie vectorielle, alors son orthogonal l'est aussi.</p> <p>Isométrie vectorielle positive.</p>
Méthodes numériques	<p>Méthodes de dichotomie, de Newton.</p> <p>Méthodes des rectangles, des trapèzes.</p> <p>Méthode d'Euler.</p> <p><i>Ces méthodes sont enseignées en cours d'informatique.</i></p>	

## Mathématiques, filière PTSI – PT

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Nombres complexes	Mot « corps » (pour corps des complexes). Similitudes. Interprétation des module et argument de $z \mapsto \frac{1}{z}$ et $\frac{z-a}{z-b}$ .	Transformation de $a \cos t + b \sin t$ en $A \cos(t - \varphi)$ .
Nombres réels	Mot « corps » (pour corps des réels). Notation $\overline{\mathbb{R}}$ . Tout intervalle $]a, b[$ rencontre $\mathbb{Q}$ .	
Ensembles	Loi de composition interne, groupe. Relation d'ordre autre que $\leq$ sur $\mathbb{R}$ .	Fonction indicatrice d'une partie d'un ensemble. Relation d'équivalence, classes d'équivalence.
Dénombrement		Nombre de $p$ -listes d'éléments distincts d'un ensemble de cardinal $n$ . PGCD et PPCM de 2 entiers.
Fonctions de la variable réelle	Fonctions th, Argch, Argsh, Argth. Notations $\inf f$ , $\sup f$ , $\inf(f, g)$ et $\sup(f, g)$ . Définition de l'exponentielle comme solution d'une équation fonctionnelle. Fonctions continues ou $C^1$ par morceaux. Caractérisation séquentielle de la limite.	Forme normalisée d'un développement limité. Le développement limité en 0 des fonctions tangente (à l'ordre 3) et arctangente (à tout ordre).  Composition d'une fonction continue et d'une suite convergente.
Intégration	Extension du théorème de dérivation des intégrales dépendant d'un paramètre aux fonctions de classe $C^k$ avec $k \geq 2$ . Intégrales doubles et triples. Intégrales curvilignes.	Formule d'intégration par parties pour les intégrales impropres.
Fonctions de plusieurs variables	Différentielle en un point. Matrice jacobienne. Champs de vecteurs.	Points adhérents à une partie de $\mathbb{R}^2$ ou $\mathbb{R}^3$ , frontière. Notation $\nabla f$ . Matrice hessienne.
Équations différentielles	Raccordement des solutions de $a(t)x' + b(t)x = c(t)$ où $a$ s'annule. Équations différentielles non linéaires. Systèmes autonomes.	Équivalence entre une équation scalaire d'ordre $n$ et un système à $n$ équations d'ordre 1. Comportement asymptotique des solutions d'un système différentiel linéaire $X' = AX$ .

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Séries numériques	Séries alternées.	Démonstration de « la convergence absolue entraîne la convergence ». Produit de Cauchy de deux séries absolument convergentes. Développement décimal d'un réel.
Séries entières	Continuité au bord de l'intervalle de convergence.	Fonctions développables en série entière. Obtention d'un développement en série entière par produit de Cauchy.
Séries de Fourier	Tout le chapitre disparaît du programme.	
Probabilités discrètes		p. 31 à 34 du programme de PTSI. p. 16 à 19 du programme de PT.
Géométrie du plan	Courbes définies par une représentation polaire. Équation polaire d'une courbe. Lignes de niveau de $M \mapsto \vec{u} \cdot \overrightarrow{AM}$ et $\text{Det}(\vec{u}, \overrightarrow{AM})$ . Formule donnant la distance d'un point à une droite. Géométrie affine du plan. Définition géométrique des coniques, foyer, excentricité, directrice.  Paramétrages admissibles. Formule $\gamma(t) = \frac{\text{Det}(f'(t), f''(t))}{\ f'(t)\ ^3}$ . Développantes. Paramétrage de l'enveloppe comme solution d'un système linéaire de deux équations.	Produit mixte de deux vecteurs de $\mathbb{R}^2$ . Gradient de $f$ orthogonal aux lignes de niveau $f(x, y) = \lambda$ .
Géométrie dans l'espace	Perpendiculaire commune. Abscisse curviligne d'une courbe de $\mathbb{R}^3$ . Surfaces développables. Étude systématique des cylindres, cônes et quadriques. Géométrie affine de l'espace.	
Polynômes	Les relations entre coefficients et racines sont limitées à la somme et au produit des racines.	

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Espaces vectoriels	Formes linéaires. Sous-espaces affines.	Une famille de polynômes échelonnés en degré est libre. Somme directe d'un nombre fini de sous-espaces vectoriels, famille de projecteurs associée à une décomposition en somme directe. Intersections d'hyperplans. Sous-espace stable par un endomorphisme.
Matrices		Notations $A^T$ et ${}^t A$ pour la transposée de $A$ . Matrice augmentée d'un système linéaire. Matrices équivalentes par lignes/colonnes. Matrice échelonnée ou échelonnée réduite par lignes/colonnes.
Déterminant	Vocabulaire « forme $n$ -linéaire alternée ». Déterminant d'une matrice triangulaire par blocs. Formules de Cramer.	
Réduction	Technique de trigonalisation dans le cas simple d'un endomorphisme en dimension 3 ayant 2 valeurs propres distinctes.	Définition du polynôme caractéristique fixée à $\chi_f(x) = \text{Det}(x\text{Id} - f)$ . Structure de l'ensemble des suites numériques vérifiant une relation de récurrence linéaire d'ordre $p$ avec $p \geq 2$ .
Espaces préhilbertiens et euclidiens	Toute isométrie s'écrit comme composée de réflexions. Endomorphismes symétriques. Formes quadratiques.	Le vocabulaire « automorphisme orthogonal » est remplacé par « isométrie vectorielle ». Si un sous-espace est stable par une isométrie vectorielle, alors son orthogonal l'est aussi. Isométrie vectorielle positive. Groupe spécial orthogonal.
Méthodes numériques	Méthodes de dichotomie, de Newton. Méthodes des rectangles, des trapèzes. Méthode d'Euler. <i>Ces méthodes sont enseignées en cours d'informatique.</i>	

## Mathématiques, filière TSI

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Nombres complexes	<p>Mot « corps » pour désigner l'ensemble des nombres complexes.</p> <p>Expressions de <math>\cos(\theta)</math> et <math>\sin(\theta)</math> en fonction de <math>\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)</math>.</p> <p>Similitudes.</p> <p>Interprétation des module et argument de <math>z \mapsto \frac{1}{z}</math> et <math>\frac{z-a}{z-b}</math>.</p>	Transformation de $a \cos t + b \sin t$ en $A \cos(t - \varphi)$ .
Nombres réels	<p>Mot « corps » pour désigner l'ensemble des nombres réels.</p> <p>Notation <math>\overline{\mathbb{R}}</math>.</p> <p>Tout intervalle <math>]a, b[</math> rencontre <math>\mathbb{Q}</math>.</p>	Notation $\lfloor x \rfloor$ pour la partie entière.
Ensembles	<p>Loi de composition interne, groupe.</p> <p>Relation d'ordre, autre que <math>\leq</math> sur <math>\mathbb{R}</math>.</p>	
Dénombrément		<p>Nombre de <math>p</math>-uplets d'éléments distincts d'un ensemble de cardinal <math>n</math>.</p> <p>Nombre de permutations d'un ensemble de cardinal <math>n</math>.</p>
Fonctions d'une variable réelle	<p>Fonctions hyperboliques.</p> <p>Définition de l'exponentielle comme solution d'une équation fonctionnelle.</p> <p>Caractérisation séquentielle de la limite limitée au sens <math>\lim_{x \rightarrow a} f(x) = l</math> et <math>u_n \rightarrow a</math> implique <math>f(u_n) \rightarrow l</math>.</p>	<p>Forme normalisée d'un développement limité.</p> <p>Développement limité en 0 des fonctions arctangente (à tout ordre) et de tangente (à l'ordre 3).</p>
Intégration	<p>Fonctions en escalier et approximation d'une fonction continue.</p> <p>Inégalité <math>\left  \int_I f g \right  \leq \sup_I  f  \cdot \int_I  g </math>.</p> <p>Erreur en <math>O\left(\frac{1}{n^2}\right)</math> dans la méthode des trapèzes.</p> <p>Expression « convergence absolue ».</p> <p>Inégalité de Taylor-Lagrange.</p> <p>Intégrales dépendant d'un paramètre.</p> <p>Intégrales doubles et triples.</p>	<p>Sommes de Riemann.</p> <p>Espace vectoriel des fonctions continues et intégrables sur un intervalle.</p> <p>Intégrales impropres de même nature lors d'un changement de variables, égalité en cas de convergence.</p>

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Fonctions de plusieurs variables	Différentielle en un point. Matrice jacobienne. Conditions du second ordre pour l'étude des extrema locaux d'une fonction de deux variables.	Points adhérents à une partie de $\mathbb{R}^2$ ou $\mathbb{R}^3$ , frontière. Notation $\nabla f$ .
Suites	Relations de comparaison définies uniquement à partir du quotient.	
Séries numériques	Séries alternées.	Développement décimal d'un réel.
Équations différentielles	Raccordement de solutions. Équations différentielles non linéaires. Systèmes autonomes. Pour une équation de la forme $y'' + ay' + b = f(t)$ , recherche de solutions particulières uniquement dans le cas $f(t) = \lambda e^{\omega t}$ .	Équivalence entre une équation scalaire d'ordre $n$ et un système à $n$ équations d'ordre 1. Comportement asymptotique des solutions d'un système différentiel linéaire $X' = AX$ .
Géométrie élémentaire du plan et de l'espace	Notation Det. Notation $\vec{u} \times \vec{v}$ pour le produit vectoriel. Formule donnant la distance d'un point à une droite de l'espace. Distance entre deux droites, perpendiculaire commune. Similitudes directes du plan. Isométries affines du plan et de l'espace. Coordonnées cylindriques et sphériques.	Notation $[\vec{u}, \vec{v}]$ .
Courbes	Lignes de niveau de $M \mapsto \vec{u} \cdot \overrightarrow{AM}$ et $M \mapsto \text{Det}(\vec{u}, \overrightarrow{AM})$ . Étude locale d'un point stationnaire d'une courbe paramétrée. Courbes définies par une représentation polaire. Équation polaire d'une courbe. Coniques.	Gradient de $f$ orthogonal aux lignes de niveau $f(x, y) = \lambda$ .
Surfaces	Étude des cônes et des cylindres; contours apparents coniques et cylindriques. Quadriques.	

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Polynômes	Les relations entre coefficients et racines sont limitées à la somme et au produit des racines.	Identification polynômes / fonctions polynomiales.
Espaces vectoriels	Formes linéaires.	Une famille de polynômes non nuls échelonnée en degré est libre. Somme directe d'un nombre fini de sous-espaces vectoriels, base adaptée. Sous-espace stable par un endomorphisme.
Matrices		Notation $A^T$ pour la transposée de $A$ . Matrice augmentée d'un système linéaire. Matrices équivalentes par lignes/colonnes. Matrice échelonnée ou échelonnée réduite par lignes/colonnes.
Déterminant	Vocabulaire « forme $n$ -linéaire alternée ». Déterminant d'une matrice triangulaire par blocs Formules de Cramer.	
Réduction	Recherche des éléments propres en dimension infinie. Technique de trigonalisation dans le cas d'un endomorphisme en dimension 3 ayant 2 valeurs propres distinctes. Expression de $u_n$ en fonction de $n$ dans le cas où $au_{n+2} + bu_{n+1} + cu_n = d$ pour $d = 0$ uniquement.	Polynôme caractéristique défini par $\chi_f(x) = \text{Det}(x\text{Id} - f)$ . Expression de la trace et du déterminant en fonction des valeurs propres dans le cas d'un endomorphisme trigonalisable.
Espaces préhilbertiens et euclidiens	Toute isométrie s'écrit comme composée de réflexions. Endomorphismes symétriques. Formes quadratiques. Méthode des moindres carrés.	Les termes « automorphisme orthogonal » sont remplacés par « isométrie vectorielle ». Si un sous-espace est stable par une isométrie vectorielle, alors son orthogonal l'est aussi. Classification complète des isométries du plan et de l'espace.

Chapitres	Éléments disparus	Éléments ajoutés
Séries entières	Continuité au bord de l'intervalle de convergence.	Fonctions développables en séries entières Les séries $\sum a_n z^n$ et $\sum n a_n z^n$ ont même rayon de convergence. Comparaison du rayon de convergence de deux séries entières.
Séries de Fourier		Si une fonction vérifie une relation de la forme $f\left(x + \frac{T}{2}\right) = -f(x)$ , tous les coefficients d'indices pairs de sa série de Fourier sont nuls.
Probabilités discrètes		p. 35 à 37 du programme de TSI1. p. 16 à 19 du programme de TSI2.
Méthodes numériques	Méthodes de dichotomie, de Newton. Méthode d'Euler. <i>Ces méthodes sont enseignées en cours d'informatique.</i>	

# Sciences physiques et chimiques

## A. Structure des programmes

La structure des programmes 2004 et 2014 est radicalement différente.

En 2004, la physique et la chimie font l'objet de programmes séparés dans toutes les filières, alors qu'en 2014 les programmes de physique et de chimie ne sont séparés que dans la filière PC.

Les différences entre les filières sont beaucoup plus marquées dans les programmes 2014 que dans les programmes 2004. En particulier, la rédaction des rubriques communes est quasiment la même dans toutes les filières dans les programmes 2004 alors que, dans ceux de 2014, la rédaction des rubriques communes est propre à chaque filière, ce qui peut modifier significativement l'esprit dans lequel les contenus doivent être enseignés et évalués.

En 2004, un préambule court précède le corps du programme, qui est ensuite rédigé en deux colonnes, l'une explicitant les contenus et l'autre contenant des commentaires. Ceux-ci sont destinés soit à fixer des limitations soit à imposer une démarche pédagogique précise. Les connaissances exigibles dans le domaine expérimental figurent dans des parties « tp-cours » rédigées comme les autres rubriques du programme mais clairement séparées. Aucune rubrique ne fixe le niveau de maîtrise des outils mathématiques exigible, celui-ci étant régulé par la pratique des concours.

Les programmes 2014 sont précédés eux-aussi d'un préambule. Puis ils sont organisés en quatre parties.

1. La partie « démarches scientifiques » explicite notamment des compétences générales, des compétences expérimentales et des approches pédagogiques spécifiques (approches documentaires, résolution de problèmes, démarche expérimentale).
2. La rubrique « formation expérimentale » explicite des savoir-faire détaillés à acquérir lors des séances de travaux pratiques. Cette rubrique est présentée en deux colonnes comme la rubrique TP-cours des programmes 2004 : la première explicite les contenus comme en 2004, mais la seconde liste les « capacités exigibles » au lieu de commentaires (cf. infra).
3. La rubrique « formation disciplinaire », découpée en parties et en sous-parties, est présentée en deux colonnes : la première explicite les contenus comme en 2004 et la seconde liste les « capacités exigibles ». Rédigées en faisant usage systématique d'un verbe d'action, celles-ci fixent le maximum de ce qui est attendu des étudiants en fin de formation : par exemple, certaines lois doivent pouvoir être démontrées, d'autres doivent être mémorisées et utilisées sans démonstration, d'autres doivent simplement être utilisées avec un formulaire fourni. Par ailleurs, les préambules des différentes parties ou sous-parties contiennent **quelques indications explicites d'éléments hors programme et surtout des prescriptions pédagogiques**, reprenant ainsi partiellement le rôle de la colonne « commentaires » des programmes 2004.

Dans la rubrique « formation disciplinaire », un certain nombre de points sont écrits en caractères gras : **ceci signifie qu'ils doivent être abordés dans le cadre d'une approche expérimentale** (travaux pratiques, expérience de cours...). D'autres points

sont présentés sous forme *d'approches documentaires* : c'est là que doit être mise en œuvre la démarche présentée dans la partie 1.3 du programme. Enfin, dans certaines filières, quelques rubriques sont qualifiées *d'approches descriptives* : **l'objectif est alors clairement de limiter toute dérive calculatoire.**

4. Le programme s'achève par trois annexes. La première annexe fixe une liste de matériel que les étudiants doivent avoir utilisé en cours de formation.

La deuxième annexe liste des outils mathématiques : **c'est une rubrique nouvelle par rapport aux programmes 2004.** Elle est rédigée en deux colonnes « contenus » et « capacités exigibles ». Son préambule en explique la nécessité ainsi que l'esprit dans lequel elle a été rédigée. La colonne « capacités exigibles » a ici souvent un **rôle limitatif fort** : par exemple, on ne peut pas demander à un candidat de résoudre un système linéaire à plus de deux équations ; ou encore l'expression du gradient n'est exigible qu'en coordonnées cartésiennes...

La troisième annexe liste des outils transversaux : **c'est aussi une rubrique nouvelle par rapport aux programmes 2004,** même si en pratique elle ne fait le plus souvent qu'explicitier des démarches devenues naturelles au fil du temps. Elle aussi est rédigée en deux colonnes « contenus » et « capacités exigibles ».

*En conclusion, la structure des programmes 2014 est beaucoup plus complexe que celle des programmes 2004. Par exemple, le concepteur d'une épreuve pratique devra réunir des informations dispersées tout au long du programme : partie 1.3, rubriques en gras dispersées dans la partie 2, annexes 1, 2 et 3.*

*Dans toutes les filières, les capacités exigibles listent ce qui est attendu des étudiants, et indiquent le maximum sur lequel ils peuvent être interrogés.*

*Enfin, les nombreux ouvrages parus ne sauraient être considérés comme des repères pour fixer les limites des épreuves écrites ou orales.*

*Bref, il faut lire et exploiter le programme in extenso.*

## **B. Comparaisons spécifiques**

**Ce document n'est pas contractuel.** Il a juste vocation à souligner **les grandes différences de programme** qui existent entre l'ancienne et la nouvelle version pour les rubriques figurant dans l'ancien et dans le nouveau programme. Pour les parties nouvelles, et l'esprit dans lequel elles sont présentées, se référer aux documents officiels.

## Physique – Chimie, filière MPSI – MP

*Avertissement : le plus sûr est de lire in extenso les nouveaux programmes en raison des fortes modifications de contenu et d'esprit (même sur les contenus communs avec les anciens programmes en apparence).*

### Mécanique

Essentiellement de la mécanique du point et de la mécanique du solide très simplifiée...

Pour les mouvements dans un champ newtonien, les lois de Kepler sont connues, mais l'étude ne se fait que sur des trajectoires circulaires.

L'étude en référentiel non galiléen ne concerne que la mécanique du point pour les cas de la translation d'un référentiel par rapport à un référentiel galiléen ou bien pour une rotation uniforme par rapport à un axe fixe.

Pour la mécanique du solide, seuls les mouvements d'un solide indéformable en translation ou (exclusif!) en rotation autour d'un axe fixe, dans un référentiel galiléen sont au programme.

Notions sur les lois de Coulomb du frottement pour un solide en translation.

Il n'y a plus de statique des fluides en MPSI-MP en dehors de l'écriture d'une force de pression, de celle de la poussée d'Archimède et de l'établissement du modèle de l'atmosphère isotherme (pour l'introduction à la thermodynamique statistique).

### Optique géométrique

Lois de Descartes, miroirs plans (il n'y a plus de miroirs sphériques) et lentilles minces (les étudiants doivent savoir exploiter les relations de conjugaison fournies).

*Nouveau*

*Quelques connaissances sur l'œil.*

### Optique ondulatoire

L'approche des problèmes de cohérence est essentiellement qualitative ou semi-quantitative (avec l'écriture de la condition de décalage de l'ordre par rapport à  $\frac{1}{2}$ ).

L'interféromètre de Michelson est uniquement considéré en division d'amplitude, sans discussion de l'origine de ce choix exigible. Certains résultats sont affirmés (comme la différence de marche approchée pour les franges d'égale épaisseur).

Supprimé : le principe d'Huygens-Fresnel. Sur le phénomène de diffraction, seul est à connaître la relation d'ouverture du faisceau (sans son origine, ni ses conditions de validité).

### Physique quantique, chapitre nouveau

*Dualité onde-corpuscule.*

*Interprétation probabiliste de la fonction d'onde.*

*Conséquences de l'inégalité d'Heisenberg spatiale dans des situations confinées.*

*Fonction d'onde et équation de Schrödinger (approche unidimensionnelle cartésienne simplifiée).*

*Particule libre et relation de de Broglie.*

*Particule dans un puits de potentiel.*

## Thermodynamique

La thermodynamique différentielle est étudiée seulement en deuxième année, la technique calculatoire est nettement amoindrie.

La construction de la fonction entropie, même pour le gaz parfait, n'est pas exigible ; son expression doit être donnée.

La relation de Clapeyron n'est pas exigible et n'est présente nulle part dans le programme. Systèmes ouverts stationnaires unidimensionnels.

La diffusion thermique reste : il est précisé les capacités exigibles des étudiants (bilans uniquement pour des solides et pour une seule variable d'espace).

Le rayonnement thermique est seulement vu en approche expérimentale sans aucune connaissance ou capacité exigibles.

*Nouveau*

*Éléments de thermodynamique statistique (très restreints, sans aller sur les lois de distributions de type Maxwell-Boltzmann...).*

## Électronique

Le nombre de mailles d'un circuit est limité à deux.

Le modèle de Norton n'est plus étudié.

Le théorème de Millman est supprimé (les problèmes posés doivent être faisables de façon au moins aussi rapide sans avoir à faire appel à lui).

Aucune connaissance préalable / capacité exigible sur les composants de l'électronique comme les diodes, amplificateurs opérationnels...

*Nouveau*

*Électronique numérique, échantillonnage et filtrage numérique (mais de façon très superficielle et uniquement expérimentale).*

## Électromagnétisme

Les calculs par découpage et intégration du potentiel, des champs électriques et magnétiques (dont les lois intégrales de Coulomb, de Biot et Savart...) sont supprimés.

Le potentiel vecteur est hors-programme.

L'étude générale des conducteurs en équilibre électrostatique et des condensateurs est supprimée. Il ne reste que l'approche de la capacité d'un condensateur plan par superposition de deux plans infinis chargés.

Pas de calcul de champ à partir de courants surfaciques (ceux-ci n'apparaissent qu'au niveau de la partie sur la réflexion d'une onde sur un conducteur parfait et uniquement pour une interprétation qualitative).

Diverses formules ne sont plus exigibles et doivent être fournies (par exemple, relations de passage, champs dipolaires, etc.).

Pour les phénomènes d'induction, leur étude théorique est profondément différente du programme précédent car elle est menée uniquement dans le programme de MPSI dans des situations restreintes simples. Seule la loi de Faraday est au programme, avec champ uniforme à l'échelle de la taille des systèmes étudiés. Le champ électromoteur n'est pas présenté. Le programme impose des contraintes fortes sur les géométries étudiables (rails de Laplace, spire rectangulaire avec un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique...).

Propagation d'ondes dans le vide, un milieu ohmique et un plasma neutre dilué non relativiste. Seule la polarisation rectiligne est présentée (pas d'autres types de polarisations,

pas de lames à retard de phase...). La densité superficielle de courant n'apparaît que lors de l'étude de la réflexion d'une onde sur un conducteur parfait.

Pour le rayonnement dipolaire, les expressions du champ rayonné doivent être fournies.

*Approche documentaire*

*Expérience de Stern et Gerlach.*

*Propagation dans l'ionosphère.*

*Lien entre propriétés optiques de l'atmosphère et rayonnement dipolaire.*

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Thermodynamique de la transformation chimique</b>		
Variation de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$ avec la température.		Totalement disparu.
Relation de Gibbs-Helmholtz.		Totalement disparu.
Affinité chimique.		L'affinité chimique disparaît du programme au profit de l'enthalpie libre de réaction $\Delta_r G$ .
Lois de déplacement de l'équilibre chimique.	Optimisation d'un procédé chimique par modification de la valeur de $K^\circ$ ou modification de la valeur du quotient réactionnel.	La connaissance des lois de modération n'est pas une capacité exigible.
Diagrammes d'Ellingham.		Totalement disparu.
Équilibre entre phases dans le cas de mélanges binaires liquide/vapeur.		Totalement disparu.
<b>Électrochimie</b>		
	Approche qualitative de la cinétique électrochimique.	
Utilisation du zinc pour la protection contre la corrosion du fer.	Phénomènes de corrosion humide.	L'utilisation du zinc pour la protection contre la corrosion du fer disparaît.
	Énergie chimique et énergie électrique : conversion et stockage.	
<b>Évolution temporelle d'un système chimique et mécanismes réactionnels</b>		
Mécanismes réactionnels en cinétique homogène.		Totalement disparu.

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Architecture de la matière</b>		
Quantification de l'énergie dans l'atome.		Totalement disparu.
Évolution de quelques grandeurs atomiques dans la classification périodique.		Totalement disparu sauf pour l'électronégativité.
Méthode VSEPR.		Totalement disparu.
	Interactions de Van der Waals, liaisons hydrogène, solvants.	
<b>Architecture de la matière condensée : solides cristallins</b>		
		Aucune connaissance de mode de cristallisation pour une espèce donnée n'est exigible; la seule maille à connaître est la maille conventionnelle cfc et ses sites interstitiels.
<b>Transformations chimiques en solution aqueuse</b>		
Équilibres de complexation.		Totalement disparu.

## Physique, filière PCSI – PC

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Thermodynamique.</b>		
Identité thermodynamique.		Totalement disparu.
Potentiels thermodynamiques.		Totalement disparu.
Énergie libre-enthalpie libre.		Totalement disparu.
Corps sous deux phases. Machines thermiques.	Utiliser les diagrammes $(P, v)$ , $(P, T)$ , $(P, h)$ , $(T, s)$ .	Plus de formule de Clapeyron.
	Premier et second principe pour les systèmes ouverts en régime permanent.	Dans le seul cas d'un écoulement unidimensionnel dans la section d'entrée et la section de sortie.
Diffusion de particules.		Mise en équation 1 D. On admet la généralisation 3 D.
Diffusion thermique.		Mise en équation 1 D en géométrie cartésienne unidirectionnelle. Généralisation 3 D admise.
<b>Optique</b>		
Miroir plan.		Seulement plan.
Lentille mince.	Formules de conjugaison et de grandissement fournies. Connaître $D > 4f'$ .	Approximation de l'optique paraxiale totalement HORS PROGRAMME.
Appareil photo.		Vu en approche documentaire seulement.
Ceil.	Ceil : lentille-capteur.	
Étude du prisme.	Le goniomètre est utilisé pour mesurer des angles en TP.	Hors programme.
Interférences.	Système des trous d'Young.	Connaître la formule de Fresnel.
Systèmes interférentiels tels que miroirs de Fresnel, etc., et recherche de sources secondaires.		DISPARU TOTALEMENT.
	Utilisation de la représentation de Fresnel.	Plus de calcul d'intensité pour sources non monochromatiques ou étendues : seulement approche qualitative sur les variations de l'ordre d'interférence en un point.

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Optique (suite)</b>		
Michelson lame d'air.		Établir l'ordre d'interférence en lame d'air.
Michelson coin d'air.		Différence de marche admise.
Diffraction.	Cas limite de la fente diffractante. Relation $\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$ obtenue en analysant le spectre de Fourier <b>fourni</b> .	Plus de principe de Huygens-Fresnel. <b>Plus de calcul d'intensité diffractée</b> par des ouvertures rectangulaires ou circulaires. Plus de pouvoir de résolution.
	Utiliser l'analyse de Fourier pour interpréter les effets d'un filtrage de fréquences spatiales dans le plan de Fourier.	Vu sous forme expérimentale.
<b>Mécanique point et solide</b>		
Changements de référentiels.	Composition des vitesses et accélérations.	Uniquement dans les cas R' en translation et R' en rotation uniforme autour d'un axe.
Dynamique.	Dynamique en référentiel non galiléen.	Uniquement les cas ci-dessus.
Mécanique du solide.	Solide en rotation autour d'un axe fixe. Mouvement <b>rectiligne uniforme</b> d'un véhicule à roue sans glissement.	Le <b>référentiel barycentrique</b> et le théorème du moment cinétique associé <b>ne sont plus au programme</b> . <b>Théorèmes de Kœnig hors programme</b> .
Actions de contact entre solides.	Loi de Coulomb dans le seul cas du solide en translation.	Plus d'études de roulement avec ou sans glissement.
Problème à deux corps.		Totalement disparu.
Mouvement à force centrale.		Plus d'équations de trajectoires elliptiques ou hyperboliques seulement circulaires.
<b>Mécanique des fluides</b>		
		Démonstration uniquement 1D, généralisations admises.
Théorème de Bernoulli.	Limité à un écoulement parfait, stationnaire, incompressible et homogène dans le champ de pesanteur uniforme dans un référentiel galiléen.	

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Électromagnétisme</b>		
Distributions de charges.		Distribution surfacique uniquement dans le cas du condensateur plan.
Distributions de courant.		Plus de distribution surfacique.
Conservation de la charge.		Démonstration 1 D. Généralisation 3 D admise.
Électrostatique		Les calculs se limitent à des situations motivées par des applications pratiques d'intérêt évident.
	Recherche des lignes de champs d'un champ donné.	Traitée exclusivement à l'aide de logiciels d'intégration numérique.
Magnétostatique.	L'objectif est davantage l'étude des propriétés du champ magnétique que le calcul de champs magnétiques.	Biot et Savart hors programme. Potentiel vecteur hors programme.
	Fil infini. Solénoïde infini.	
Moment dipolaire magnétique.		Actions subies dans un champ extérieur. Le champ créé par le dipôle est hors programme.
<b>Équations de Maxwell</b>		
Relations de passage.	On fait remarquer la discontinuité du champ à la traversée d'une nappe de charges superficielles.	Hors programme. On donne les continuités des composantes des champs lorsqu'on en a besoin.
<b>Équations de Maxwell (suite)</b>		
Potentiels V et A.		Hors programme.
Induction.	On se limite à la loi de Faraday.	Champ électromoteur hors programme.
<b>Physique des ondes</b>		
Ondes acoustiques.	Énergie.	Expressions admises du vecteur-densité de courant énergétique et de la densité volumique d'énergie associés à la propagation de l'onde.

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Physique des ondes (suite)</b>		
	Ondes acoustiques sphériques.	Utiliser une expression fournie de la surpression pour interpréter par un argument énergétique la décroissance en $\frac{1}{r}$ de l'amplitude.
	Effet Doppler.	Approche expérimentale uniquement.
Rayonnement du dipôle.		Hors programme.
Notions sur la diffusion.		Hors programme.
Ondes électromagnétiques dans les diélectriques.		Hors programme, ainsi que tout ce qui concerne les milieux diélectriques.
	Interaction entre une onde plane progressive harmonique et un plasma localement neutre sans collisions.	
	Réflexion d'une onde plane progressive harmonique entre deux demi-espaces d'indices complexes $n_1$ et $n_2$ sous incidence normale.	Exploiter la continuité (admise) du champ électromagnétique.
	Polarisation par réflexion vitreuse sous incidence oblique.	<b>Approche expérimentale.</b>
<b>Électrocinétique – électronique</b>		
Circuits.		Circuits restreints à deux mailles. Théorème de Millman hors programme.
Filtrage.		Analyse et utilisation de diagrammes de Bode fournis. Construction des diagrammes hors programme.
Amplificateur opérationnel et diodes.		Connaissances spécifiques hors programme.
Quadripôle quelconque.	Les caractéristiques du quadripôle sont données.	
Oscillateurs.	Utilisation de portraits de phase.	

## Chimie, filière PCSI – PC

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Mélanges et transformations : aspects thermodynamiques</b>		
Énergie libre $F$ .		Totalement disparu.
Relation de Gibbs-Helmholtz.		Totalement disparu.
Quantités de chaleur mise en jeu lors d'une évolution isochore.		Totalement disparu.
Énergie interne standard de réaction $\Delta_r U^\circ$ .		Totalement disparu.
Variation de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$ avec la température.		Totalement disparu.
Grandeurs molaires partielles.		Cette notion n'est plus au programme.
Expressions du potentiel chimique.	On admet les expressions du potentiel chimique dans des cas modèles.	Les notions sur les écarts aux modèles ont totalement disparu (coefficients d'activité).
Lois de déplacement de l'équilibre chimique.	Optimisation d'un procédé chimique par modification de la valeur de $K^\circ$ ou modification de la valeur du quotient réactionnel.	Les lois de modération ont disparu. Aucune discussion sur déplacement/rupture d'équilibre n'est attendue par un calcul différentiel (de type $dA$ ).
Diagrammes d'Ellingham.		Totalement disparu.
Équilibres liquide/vapeur, étude isobare et étude isotherme, miscibilité totale ou nulle à l'état liquide.	L'étude isotherme a totalement disparu mais on aborde les cas de miscibilité partielle à l'état liquide.	Les équations des courbes, lois de Henry et Raoult ont totalement disparu.
<b>Énergie chimique et énergie électrique : conversion et stockage</b>		
Utilisation des courbes intensité-potentiel : application à la préparation du zinc par électrolyse.	Remplacé par deux paragraphes – thermodynamique des réactions d'oxydoréduction et cinétique des réactions d'oxydoréduction – qui détaillent de façon explicite les attentes.	La préparation du zinc par voie électrochimique n'est plus au programme mais on exploite des diagrammes potentiel-pH et des tracés de courbes courant-potentiel pour l'étude de la conversion d'énergie chimique en énergie électrique et réciproquement.

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Énergie chimique et énergie électrique : conversion et stockage (suite)</b>		
Phénomènes de corrosion.		Uniquement vu en approche documentaire sans connaissance à acquérir de la part des étudiants.
<b>Atomes, molécules, complexes : modélisation quantique et réactivité</b>		
Densité de probabilité de présence, densité de charge, orbitales atomiques (énergie, extension spatiale).		Limitation des exigences à des aspects qualitatifs pour toutes les notions.
Modèle de Slater.		Totalement disparu.
Théorie « Hückel simple ».		Totalement disparu.
Interaction de deux OA sur deux centres.	La construction ne se limite plus aux diatomiques homonucléaires mais la construction de diagrammes corrélés est hors programme.	Apparaît au programme l'interaction d'orbitales de fragments (fournies).
	Structure électronique et réactivité des complexes; applications à la catalyse organométallique.	Les cycles catalytiques seront toujours donnés.
<b>Molécules et matériaux organiques : stratégies de synthèse et applications</b>		
Hydrocarbures aromatiques.		Totalement disparu.
Organolithiens, dialkylcuprates de lithium.		Totalement disparu mais la réaction de Michael est au programme.
Nitriles.		Totalement disparu.
Intermédiaires réactionnels radicalaires.	Additions radicalaires.	Totalement disparu.
		De nombreuses réactions ont disparu en tant que telles du programme, d'autres sont apparues (voir détails dans le programme) : on privilégie une approche raisonnée (en termes d'activation, de protection, de chimiosélectivité), qui peut faire appel à des données expérimentales, spectroscopiques... (action sélective de différents oxydants ou réducteurs par exemple).

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Molécules et matériaux organiques : stratégies de synthèse et applications (suite)</b>		
Polymérisation en chaîne, copolymérisation.		Totalement disparu.
<b>Transformations chimiques en solution aqueuse</b>		
Calculs simples de pH (solutions courantes, ampholyte).		Totalement disparu.
Titrages acido-basiques, redox, de complexation et de précipitation	Pas d'étude théorique des courbes obtenues.	
<b>Évolution temporelle d'un système chimique et mécanismes réactionnels</b>		
Loi de vitesse : réaction avec ordre; réaction sans ordre.	On se limite aux ordres simples : 0, 1, 2.	
Cinétique formelle : réactions inverses l'une de l'autre, réactions parallèles, réactions consécutives.		Totalement disparu.
Mécanismes en séquence fermée (en chaîne); longueur de chaîne.		Totalement disparu.
	Approche de la cinétique en réacteur ouvert.	
<b>Architecture de la matière condensée : solides cristallins</b>		
		Aucune connaissance de mode de cristallisation pour une espèce donnée n'est exigible; la seule maille à connaître est la maille conventionnelle cfc et ses sites interstitiels

## Physique – Chimie, filière PSI

### Mécanique

Il y a seulement la mécanique du point, et celle d'un solide indéformable en rotation autour d'un axe fixe, dans un référentiel galiléen. Pour les mouvements dans un champ newtonien, les lois de Kepler sont connues, mais l'étude ne se fait que sur des trajectoires circulaires.

### Optique géométrique

Lois de Descartes, miroirs plans (il n'y a plus de miroirs sphériques) et lentilles minces (les étudiants doivent savoir exploiter les relations de conjugaison fournies).

Les candidats doivent savoir mettre en œuvre une mesure de longueur par déplacement du viseur entre deux positions, utiliser un viseur à frontale fixe, une lunette auto-collimatrice étudier un spectre à l'aide d'un spectromètre à fibre optique, mesurer une longueur d'onde optique à l'aide d'un goniomètre à réseau. La connaissance d'aspects théoriques et pratiques associés est donc nécessaire.

*Nouveau*

*Quelques connaissances sur l'œil.*

### Optique ondulatoire

N'existe plus en voie PSI, les seules notions afférentes sont désormais au programme de PCSI.

### Introduction au monde quantique (PCSI)

*Nouveau*

*Dualité onde-corpuscule.*

*Interprétation probabiliste de la fonction d'onde.*

*Conséquences de l'inégalité d'Heisenberg spatiale dans des situations confinées.*

### Thermodynamique

La thermodynamique différentielle est étudiée seulement en deuxième année, la technique calculatoire est amoindrie. La relation de Clapeyron n'apparaît nulle part.

### Électronique

Le nombre de mailles d'un circuit est limité, le modèle de Norton n'est plus étudié, le théorème de Millman est supprimé, il n'y a pas de connaissances particulières sur les composants non-linéaires.

L'accent est mis sur la décomposition de Fourier.

L'ampli opérationnel, renommé amplificateur linéaire intégré (ALI) est modélisé en seconde année.

*Nouveau*

*Électronique numérique.*

*Échantillonnage.*

*Condition de Nyquist-Shannon (approche expérimentale).*

*Définir un signal modulé en fréquence, en phase.*

*Approche documentaire*

*Oscillateur optique (laser).*

*Transmissions hertziennes.*

## Électromagnétisme

*Nouveau* Des questions de cours peuvent désormais porter sur la partie « conservation de la charge ».

Les calculs par découpage et intégration des champs électriques et magnétiques (loi de Biot et Savart) sont supprimés.

Le potentiel vecteur et le dipôle électrostatique sont supprimés.

Pour les phénomènes d'induction, seule la loi de Faraday est au programme, le champ électromoteur n'est pas présenté. Le cas d'un circuit mobile dans un champ magnétique variable est limité aux rails de Laplace.

*Nouveau* Condensateur plan (influence de l'isolant  $\epsilon_r$ )

*Électroaimant*

*Approche documentaire* Semi-conducteurs

## Conversion de puissance

*Nouveau* La magnétisme dans la matière est désormais introduit explicitement.

*Bobine à noyau ferromagnétique.*

*Calcul des actions électromagnétiques sur le fer.*

*Contacteur électromagnétique (relais).*

*Présentation de la machine synchrone sans recourir aux actions de Laplace.*

*Analogie machine à courant continu/machine synchrone.*

*Redressement source de tension/source de courant.*

*Ouverture vers l'onduleur.*

## Phénomènes de transfert

Contient les transferts de charge, le transfert thermique, la diffusion de particules et les fluides en écoulement.

*Nouveau* Effet de peau thermique.

*Perte de charges.*

*Portance et traînée d'une aile d'avion.*

*Établir l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant qu'une d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.*

## Mécanique des fluides

Elle est étudiée en partie dans « Phénomènes de transfert », en partie dans « Bilans macroscopiques ».

L'étude locale est supprimée (Navier-Stokes, Euler, etc.).

## Physique des ondes

<i>Nouveau</i>	<i>Effet Doppler</i>
	<i>Onde sonore sphérique.</i>
	<i>Câble coaxial.</i>
<i>Approche documentaire</i>	<i>Échographie médicale.</i>

Sont supprimées

- l'optique ondulatoire, la notion de cohérence de signaux ;
- les ondes sonores longitudinales dans les solides ;
- la réflexion et la réfraction des ondes électromagnétiques dans les diélectriques.

## Cinétique chimique

Les lois de vitesse sont limitées aux ordres 0, 1 ou 2. Les réactions en chaîne ou par stades sont supprimées.

## Architecture de la matière

L'électronégativité est à relier à la place dans le tableau de Mendeleiev, les structures cristallines autres que la structure cubique faces centrées sont à étudier à partir de documents.

## Solutions aqueuses

Peu de changements.

## Thermochimie

<i>Nouveau</i>	<i>Alliages métalliques (binaires solides-liquides).</i>
<i>Approche documentaire</i>	<i>Pression osmotique.</i>
	<i>Optimisation d'une synthèse industrielle.</i>

Sont supprimés la loi de Kirchhoff, l'affinité chimique, les diagrammes d'Ellingham, l'étude systématique des lois de déplacements d'équilibre.

La prévision du sens d'évolution d'une réaction se fait par comparaison de  $K^\circ$  et  $Q_r$  ; l'optimisation d'un procédé par modification d'une de ces deux grandeurs.

## Électrochimie

Piles, électrolyses, courbes intensité-potentiel.

<i>Nouveau</i>	<i>Conversion d'énergie (rendement faradique, capacité...).</i>
<i>Approche documentaire</i>	<i>Accumulateurs.</i>

## Chimie organique

La chimie organique n'est plus au programme de PSI.

## Chimie, filière PTSI – PT

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Thermodynamique de la transformation chimique</b>		
Variation de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$ avec la température.		Totalement disparu.
Relation de Gibbs-Helmholtz.		Totalement disparu.
Affinité chimique.		L'affinité chimique disparaît du programme au profit de l'enthalpie libre de réaction $\Delta_r G$ .
Lois de déplacement de l'équilibre chimique.	Optimisation d'un procédé chimique par modification de la valeur de $K^\circ$ ou modification de la valeur du quotient réactionnel.	La connaissance des lois de modération n'est pas une capacité exigible.
Diagrammes d'Ellingham.		Totalement disparu.
<b>Électrochimie</b>		
	Approche qualitative de la cinétique électrochimique.	Cette partie est nouvelle dans le programme.
	Phénomènes de corrosion humide.	
	Énergie chimique et énergie électrique : conversion et stockage.	
<b>Évolution temporelle d'un système chimique et mécanismes réactionnels</b>		
Mécanismes réactionnels en cinétique homogène.		Totalement disparu.
<b>Architecture de la matière</b>		
Quantification de l'énergie dans l'atome.		Totalement disparu.
Évolution de quelques grandeurs atomiques dans la classification périodique.		Totalement disparu sauf pour l'électronégativité.
Méthode VSEPR.		Totalement disparu.
	Interactions de Van der Waals, liaisons hydrogène, solvants.	

Ancien programme	Modifications	Commentaires
<b>Architecture de la matière condensée : solides cristallins</b>		
		Aucune connaissance de mode de cristallisation pour une espèce donnée n'est exigible; la seule maille à connaître est la maille conventionnelle cfc et ses sites interstitiels.
<b>Transformations chimiques en solution aqueuse</b>		
Équilibres de complexation.		Totalemt disparu.