

classes de mathématiques supérieures et de mathématiques spéciales

Nous publions ici les programmes d'informatique des classes préparatoires et les commentaires sur les modifications des programmes de Mathématiques en Mathématiques Supérieures. Le détail des modifications se trouve dans le Bulletin Officiel n° 33 du 24 septembre 1987. Ils ont pris effet à la rentrée scolaire 1987.

**Modification des programmes
de mathématiques, de
physique et de chimie des classes de
mathématiques supérieures et
programme d'informatique des classes
de mathématiques supérieures et
mathématiques
spéciales M, M', P, P'**

NOR : MENL8700449A

R.L.R. : 526-4e

Arrêté du 17 juillet 1987

(Education nationale : bureau DLG 5)

Vu A. 18-5-1984 ; A. 22-2-1985 ; avis du Conseil de l'enseignement général et technique du 18-6-1987.

ANNEXE I

CLASSE DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES

Présentation des programmes

1. Les programmes précédents étaient officiels par l'arrêté du 16 mai 1984, publié au *Bulletin officiel* de l'Éducation nationale n° 28 du 12.07.1984.

L'orientation générale de ces programmes, définie en annexe I de l'arrêté susvisé, demeure valable. Simple-ment, le nouveau programme marque une étape décisive dans le processus de prise en compte de l'informatique ; les capacités requises dans ce domaine sont définies par l'annexe IV du présent arrêté.

2. Le développement de l'informatique a eu une double répercussion sur les programmes de mathématiques, de physique et de chimie :

— d'une part, l'impact de l'outil informatique dans l'enseignement de ces disciplines devait être précisé ;

— d'autre part, il était nécessaire de procéder à des allègements de programme pour donner une place aux activités liées à l'informatique sans alourdir la charge globale des programmes.

Les programmes de mathématiques, définis en annexe II, et ceux de physique et chimie, définis en annexe III, ont aussi été intériorisés à partir d'un premier bilan concernant la mise en œuvre des programmes de 1984 et, pour les mathématiques, des programmes des classes terminales mis en application à la rentrée 1986.

ANNEXE II

CLASSE DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES

Programme de mathématiques

Avertissement

1. Les allègements les plus notables portent sur les points suivants :

a) Structures algébriques usuelles

— Le vocabulaire à connaître a été allégé, notamment en ce qui concerne les anneaux et les corps, ainsi que l'algèbre multilinéaire.

— Le champ d'étude a été restreint : pour toute l'algèbre linéaire et pour les polynômes on s'est placé dans le cas où le corps de base est un sous-corps de \mathbb{C} .

b) Construction d'objets mathématiques

— La construction des ensembles de nombres \mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{Q} , \mathbb{R} , \mathbb{C} est hors programme.

— La construction détaillée de l'algèbre des polynômes et du corps des fractions rationnelles, ainsi que celle de l'intégrale ne sont pas imposées (et, a fortiori, obligées des élèves).

c) Chapitres comportant des difficultés conceptuelles ou techniques importantes

— En algèbre linéaire, l'étude de la dualité est reportée en seconde année ; celle des automorphismes orthogonaux n'a été conservée qu'en dimension $n \leq 3$, en relation avec la géométrie.

— L'étude des transformations géométriques a été réduite à l'essentiel : les transformations $z \mapsto a\bar{z} + b$ et la réduction des antidéplacements de l'espace ont été supprimées.

— En analyse, l'allègement essentiel concerne les fonctions de plusieurs variables : le programme se limite à quelques notions sur les fonctions de deux ou trois variables à valeurs réelles et sur les champs de vecteurs, en relation avec l'enseignement des sciences physiques ; l'étude systématique des fonctions à valeurs vectorielles est reportée en seconde année.

— En géométrie différentielle, le programme se limite essentiellement aux courbes planes ; pour les courbes de l'espace, on a conservé un strict minimum de notions en relation avec la cinématique du point.

d) Délimitation plus précise du niveau d'approfondissement à donner à certaines questions

Elle porte notamment sur la technicité d'étude de la combinatoire et de l'arithmétique et le champ d'étude des notions topologiques.

2. Lignes directrices

a) En analyse, l'objectif essentiel est l'acquisition de méthodes efficaces pour l'étude d'un ensemble assez large de situations usuelles. On évitera donc la recherche d'hypothèses minimales, tant pour les théorèmes que pour les exercices et les problèmes. Ainsi l'objectif de la rubrique « intégration » est d'arriver par une méthode économique à une maîtrise opératoire de l'intégration des fonctions continues par morceaux. De même, pour le calcul différentiel, on s'est placé dans le cadre des fonctions de classe C^1 plutôt que dans celui des fonctions différentiables. Quelques notions de topologie sont introduites uniquement en vue de l'étude des suites et des fonctions ; elles sont placées dans le cadre de \mathbb{R} et de \mathbb{R}^n et toute étude générale de la topologie est exclue.

Les notions de série et de convergence uniforme doivent faire l'objet d'un simple travail de sensibilisation portant sur des exemples. Toute étude systématique des séries est hors programme, et notamment les règles de convergence usuelles. Il en est de même pour les théorèmes généraux de stabilité des propriétés des fonctions par passage à la limite uniforme.

Pour tout ce qui concerne les compléments de calcul différentiel et intégral, l'objectif est l'acquisition de techniques efficaces de résolution de problèmes usuels ; il est d'une grande importance aussi bien en mathématiques qu'en physique. En revanche, pour l'ensemble de ce paragraphe, aucune connaissance théorique n'est exigible des élèves.

b) En algèbre générale, le seul objectif visé est la mise en évidence, à partir des situations courantes figurant au programme, de quelques structures élémentaires. Il n'est donc pas prévu d'étudier systématiquement les

structures usuelles (groupes, anneaux, corps,...) et il convient de se limiter au vocabulaire strictement indispensable.

En combinatoire et en arithmétique, l'objectif est de mettre en place des connaissances solides sur les notions de base indiquées par le programme ; en revanche, toute technicité est exclue, notamment en ce qui concerne les problèmes mettant en jeu les congruences.

c) En algèbre linéaire, l'objectif est double : disposer d'un vocabulaire général commode pour l'étude des problèmes linéaires intervenant dans l'ensemble du programme ; avoir une bonne maîtrise des espaces de dimension finie et de leurs relations avec les espaces K^n .

La résolution des systèmes linéaires, l'inversion des matrices et la théorie du rang constituent des objectifs importants. En revanche, pour la réduction des endomorphismes et des matrices, il s'agit d'une prise de contact et toute étude systématique de la réduction est hors programme.

d) L'étude de la géométrie sera l'occasion de nombreux problèmes utilisant les ressources de l'algèbre et de l'analyse ; inversement, elle servira le plus souvent possible de guide pour l'intuition dans ces disciplines.

Il a semblé nécessaire que les élèves de mathématiques supérieures disposent d'un modèle mathématique rigoureux de l'espace physique et sachent décrire ses isométries. L'étude des droites, plans, cercles, sphères et celle des distances et angles sont à envisager d'un point de vue pratique ; il s'agit de mettre au point des techniques usuelles à propos de problèmes pour la plupart déjà rencontrés dans les classes antérieures.

Les constructions de courbes seront rattachées autant que possible à des problèmes d'origine géométrique. On évitera cependant toute érudition dans ce domaine.

En géométrie différentielle, on remarquera que le programme se limite à l'étude des courbes paramétrées, étude qui se relie tout naturellement à la cinématique du point.

3. En relation avec l'introduction d'un programme d'informatique, le champ des activités algorithmiques a été enrichi et les capacités exigibles en ce domaine sont précisées.

a) Le champ des algorithmes étudiés porte usuellement sur des algorithmes de type numérique et algébrique (à l'exclusion notamment des algorithmes liés à la combinatoire et à l'organisation de données).

b) Les travaux pratiques donnant lieu à des activités algorithmiques sont repérés par le signe § placé en marge.

Ces travaux pratiques, comme les autres, sont de deux sortes :

— Si le mot « *algorithme* » est mentionné, la connaissance de la méthode, la mise en forme de l'algorithme et sa mise en œuvre (sur ordinateur ou sur calculatrice selon les cas) sont exigibles.

— Dans tout autre cas, aucune connaissance spécifique sur les algorithmes relatifs au problème considéré n'est exigible des élèves, et toutes les indications nécessaires doivent être données.

c) Les algorithmes exigibles des élèves sont en nombre très restreint. En effet, toute anthologie dans ce domaine irait à l'encontre de la qualité de la formation. Il paraît plus formateur d'entraîner les élèves à combiner, sur des exemples simples, des outils logiciers dont la fonction est clairement indiquée, en vue de résoudre un problème donné.

d) Aucune connaissance théorique sur la notion d'algorithme n'est au programme. Aucune connaissance n'est exigible sur la comparaison de la performance des algorithmes et sur les techniques de preuve des programmes.

ANNEXE IV

PROGRAMME D'INFORMATIQUE DANS LES CLASSES DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES ET MATHÉMATIQUES SPÉCIALES M, M', P, P'

Objectifs généraux et lignes directrices du programme d'informatique

L'enseignement de l'informatique dans les classes préparatoires constitue une introduction à l'utilisation des ordinateurs dans l'enseignement scientifique. Son objectif est d'offrir :

• une introduction élémentaire à l'algorithmique et à la programmation (illustrée en PASCAL enrichi de composants logiciers prédéfinis),

• une familiarisation avec l'utilisation d'outils informatiques évolués (modélisations, simulations, bases de données, visualisation et exploitation de résultats expérimentaux, ...) en vue de permettre l'approfondissement des disciplines scientifiques et techniques.

• En ce qui concerne l'algorithmique et la programmation, la démarche qu'il s'agit de faire comprendre et d'illustrer est la suivante :

- mise en forme et analyse d'un problème,
- recherche d'algorithmes adaptés au problème,
- organisation des données,
- construction méthodique d'un programme modulaire, clair et documenté,
- mise en œuvre d'un programme sur ordinateur,
- expérimentation avec des jeux de données convenablement choisis,
- en conclusion, évaluation critique des résultats obtenus au regard du problème posé.

L'enseignement de la programmation est limité à un petit nombre de concepts permettant de décrire un enchaînement d'opérations de base sur des objets qui s'exprime par un programme exécutable par un ordinateur. Les algorithmes à mettre en œuvre seront de type numérique ou algébrique. Ceux dont la connaissance est exigible des élèves sont en nombre très restreint. L'objectif principal est d'entraîner les élèves à combiner, sur des exemples simples, un petit nombre d'instructions ou de composants logiciels dont la fonction est

clairement indiquée, en vue de résoudre un problème donné. Aucune connaissance spécifique n'est exigible sur la complexité des algorithmes et sur les techniques de preuve de programmes.

La mise en œuvre des programmes se fait sous forme de travaux pratiques sur micro-ordinateurs en utilisant un sous-ensemble du langage PASCAL et un environnement de programmation. Ceci suppose que l'on sache éditer un texte, utiliser une bibliothèque, enregistrer un programme sur disquette, exécuter un programme, corriger les erreurs et imprimer les résultats obtenus sous forme textuelle ou graphique.

Les problèmes à traiter seront recherchés dans les programmes des disciplines enseignées dans les classes concernées.

• En ce qui concerne les outils informatiques, il s'agit de familiariser les élèves avec l'utilisation de logiciels qui fournissent un support à l'intuition par la confrontation rapide et commode des hypothèses et des résultats, et permettant :

— d'enrichir la compréhension des phénomènes mathématiques et des modèles physiques par l'examen expérimental de leurs comportements en fonction de divers paramètres,

— de mieux cerner la notion de domaine de validité d'une hypothèse ou d'une méthode par l'étude de cas limites,

— d'étudier certains problèmes par la mise en œuvre de modèles dont la résolution numérique manuelle serait trop lourde ou trop complexe.

Ce faisant, il faudra attirer l'attention des élèves sur la nécessité d'une évaluation critique de tout résultat fourni par un programme ou un logiciel, en prenant en compte le domaine de validité du modèle utilisé, la nature des algorithmes mis en œuvre ainsi que la précision des calculs effectués par l'ordinateur.

Dans la mesure du possible, il faudra également familiariser les élèves avec l'utilisation, comme aide à la mémoire, de bases de données scientifiques adaptées aux classes concernées.

Programme d'informatique

1. Algorithmique et programmation

• La notion d'algorithme ayant été introduite et illustrée en mathématiques, on mettra en évidence les problèmes posés par l'automatisation de l'écriture des algorithmes en présentant le langage de programmation d'une part comme un outil de description de l'activité d'une machine et d'autre part comme un outil de communication avec cette machine.

• Au travers de l'apprentissage d'un sous-ensemble du langage PASCAL, on dégagera sur des exemples quelques concepts fondamentaux de la programmation en insistant sur la décomposition des programmes en modules indépendants clairement documentés :

— représentation des objets à l'aide de constantes, variables et tableaux de types booléens, entiers et réels,

— description des opérations de base en termes :

d'affectations à des variables ou éléments de tableaux de valeurs calculées à l'aide d'expressions,

de déclarations de procédures et de fonctions,

— enchaînement d'opérations de base par composition séquentielle, alternative (tests) ou itérative (répétition).

2. Sous-ensemble de PASCAL

Les *éléments lexicaux* (autres que les mots réservés et les symboles spéciaux) sont les commentaires, les constantes de type booléen, entier et réel, les identificateurs et les chaînes de caractères constantes (uniquement utilisées dans les instructions d'écriture [write de writein, sans caractères de contrôle]).

Un programme (program... begin... end.) peut comprendre l'emploi de composants logiciels prédéfinis.

Les *types scalaires* booléen (boolean), entier (integer) et réel (real) étant pré-déclarés, les déclarations de types sont limitées aux types *tableaux* à une ou plusieurs dimensions d'éléments de type booléen, entier, ou réel.

Les *déclarations* comprennent également les déclarations de *variables* de type booléen, entier, réel ou de *tableaux* à une ou plusieurs dimensions d'éléments de type booléen, entier, réel.

Les *procédures* et *fonctions* sont déclarées à un seul niveau d'imbrication (sans déclaration de procédures ou fonctions à l'intérieur de procédures ou fonctions).

Elles peuvent être éventuellement *récurrentes* (aucune connaissance sur la récursivité ne sera exigée des élèves). Elles peuvent comporter des *paramètres passés par valeur* ou *par variable* de type booléen, entier, réel ou tableau à une ou plusieurs dimensions d'éléments de type booléen, entier, réel.

Les *expressions* sont construites en utilisant

les *opérateurs arithmétiques entiers* identité (+ unaire), signe opposé (- unaire), addition (+ binaire), soustraction (- binaire), multiplication (*), division entière (quotient (div) et reste (mod)),

les *opérateurs arithmétiques réels* identité (+ unaire), signe opposé (- unaire), addition (+ binaire), soustraction (- binaire), multiplication (*), division (/),

les *opérateurs de comparaison* d'entiers ou de réels inférieur ou égal (<=), inférieur (<), égal (=), différent (<>), supérieur (>), supérieur ou égal (>=),

les *opérateurs booléens* négation (not), conjonction (and) et disjonction (or),

les *appels de fonctions*.

Les *instructions simples* comprennent l'*initialisation* (: =) à une variable simple de type booléen, entier, réel ou à un élément de tableau de type booléen, entier, réel,

la *lecture* de valeurs de variables simples de types entier et réel ou d'éléments de tableau de types entier et réel (instruction readln), l'*écriture* de chaînes de caractères et de valeurs entières ou réelles avec ou sans format d'écriture (instructions write et writeln) et l'*appel de procédure*.

Les *instructions composées* sont la *séquence* (begin... end), l'*alternative* (if... then... ou if... then... else...) et l'*itération* (for... := .. to... de..., for... := ... downto... de..., while... de... et repeat... until...).

3. Environnement de programmation

L'environnement de programmation que les élèves doivent savoir utiliser constitue une première introduction à l'utilisation des systèmes d'exploitation des ordinateurs. Il permet :

- l'édition de texte pleine page (avec des commandes de déplacement de la fenêtre et du curseur d'édition ainsi que des commandes d'insertion, de modification et de suppression de texte),

- la compilation de programmes PASCAL incluant des composants logiciels (modules de bibliothèque et procédures ou fonctions prédéfinies),

- l'exécution d'un programme avec saisie des données au clavier et affichage des résultats à l'écran sous forme textuelle ou graphique,

- la sauvegarde de programmes sur disquette,

- la copie sur imprimante de la liste du programme et des résultats textuels et graphiques.

4. Utilisation d'outils informatiques

A travers les différentes activités, il convient d'habituer les élèves à employer des logiciels, des composants logiciels et des bases de données scientifiques adaptés aux classes concernées. Ceux dont l'emploi est le plus courant seront définis par une note de service publiée au Bulletin officiel de l'Éducation nationale. Il s'agit ici de faciliter le travail des élèves et non de leur une anthologie d'exemples classiques. Aucune connaissance spécifique sur ces outils (autre que celle de l'environnement de programmation décrit ci-dessus) n'est donc exigible et toutes les indications utiles pour leur emploi doivent rester brèves et être fournies aux élèves.

5. Champs d'applications

5.1. Mathématiques

Les travaux pratiques du programme de mathématiques donnant lieu à des activités d'algorithmique et de programmation sont repérés par le signe § placé en marge dans le programme des classes concernées. Ces travaux pratiques sont de deux sortes :

— Pour ceux dans lesquels le mot « algorithme » est mentionné, la connaissance de la méthode, la programmation de l'algorithme et sa mise en œuvre sur ordinateur sont exigibles.

— Les autres pourront donner lieu soit à des activités de programmation (et dans ce cas aucune connaissance des algorithmes relatifs au problème considéré n'est exigible des élèves, et toutes les indications nécessaires doivent être données), soit à l'utilisation d'outils informatiques qui permettront par l'expérimentation numérique ou graphique d'affermir la maîtrise des concepts mathématiques, d'aiguiser l'imagination et de renforcer la capacité à mobiliser les connaissances pour la résolution de problèmes.

5.2. Sciences physiques

Un grand nombre de phénomènes étudiés en classes préparatoires sont décrits par des lois dont la complexité pose des problèmes de calcul qui sont pratiquement

insurmontables dès que l'on veut étudier plusieurs situations de manière détaillée.

— L'usage de logiciels ou de programmes de simulation permettra, en un temps très bref, d'explorer le comportement des phénomènes à la fois qualitativement et quantitativement, apportera, comme complément aux travaux pratiques, une aide importante au développement de l'intuition et contribuera, par conséquent, à accroître le sens physique des élèves.

— L'utilisation d'un ordinateur pendant les travaux pratiques soit pour l'acquisition et le traitement de données expérimentales soit pour comparer les résultats des mesures aux données théoriques permettra, en gagnant sur le temps que les élèves consacrent à des calculs souvent longs et répétitifs et à des tracés de courbes fastidieux, de multiplier les expériences en faisant varier les conditions d'expérimentation, de montrer l'influence du dispositif expérimental sur le phénomène étudié, de mettre en évidence la distinction entre erreurs dues à la méthode et erreurs de mesure et par référence à des modèles de divers niveaux de complexité, de renforcer le lien entre la théorie et les travaux expérimentaux.

B.O. n° 33 - 24 septembre 1987

