

Remarques des examinateurs d'oral

1 Épreuves orales d'algèbre et analyse

Dans l'ensemble les recommandations du rapport 2003 sont encore d'actualité. Nous ne proposons que peu de changements.

1.1 Organisation des épreuves

Les modalités, mises en place au concours 2001, ont cette année encore donné satisfaction et sont reconduites pour les sessions à venir. Elles sont décrites ci-après de manière détaillée, tenant compte de l'expérience acquise.

À l'issue de la période de préparation, le jury fait procéder à la photocopie des plans préparés par les candidats. Ces derniers sont manuscrits, comportent trois pages A4 *au maximum* et possèdent une marge de 1 cm sur tous les côtés afin d'éviter tout problème lors de la photocopie. Les plans peuvent être complétés par des planches de figures.

Le candidat *peut utiliser sa copie du plan pendant l'épreuve* et pourra utiliser les notes manuscrites produites durant la préparation, pendant la première phase de l'interrogation dite « argumentation et présentation du plan ».

Le plan écrit n'est ni une énumération de paragraphes, ni un exposé complet avec développement des démonstrations. Il définit avec précision les notions introduites, donne les *énoncés complets* des résultats fondamentaux, cite des exemples et des applications. *Le plan doit être maîtrisé*, c'est à dire que les résultats exposés doivent être compris ainsi que l'organisation d'ensemble. Il est souhaitable que le candidat connaisse dans leurs grandes lignes les démonstrations des résultats figurant au programme du concours : le jury pourra appliquer ce critère pour évaluer la maîtrise du plan. C'est au candidat de circonscrire son plan, notamment en ce qui concerne les énoncés débordant largement le cadre du programme.

L'épreuve orale s'organise en trois temps, prévus pour une durée totale d'un maximum de 50 mn.

Première partie : présentation du plan

Le candidat est convié à utiliser son temps de parole, 8 minutes maximum, pour présenter, argumenter et mettre en valeur son plan.

Il s'agit d'une épreuve orale, il est donc inutile de recopier le plan au tableau, dans la mesure où le jury possède une copie du texte. Il est souhaitable que le candidat utilise son temps de parole pour expliquer de façon synthétique les articulations principales de son plan. Les détails techniques, s'ils sont clairement écrits dans le plan, pourront ne pas être repris oralement. Le candidat peut faire un bref exposé introductif et commenter utilement ensuite ses résultats principaux, les outils développés, l'organisation d'ensemble et mettre en perspective les méthodes utilisées. Il peut être utile de consacrer du temps à un exemple pertinent qui éclaire

la problématique de la leçon, à faire usage du tableau pour illustrer ses propos. La présentation et la justification orale du plan sont des points importants d'appréciation.

À la fin de cette présentation, le jury peut questionner brièvement le candidat. Ce temps de dialogue permet au candidat de préciser certains aspects du plan, de développer l'argumentation et de justifier certains choix. On peut aborder quelques points techniques sans entrer dans des détails qui retarderaient le début du développement. Le jury ne cherche pas à déstabiliser le candidat.

La discussion approfondie s'effectue de préférence après le développement, en début de troisième partie.

Deuxième partie : le développement

Le candidat soumet au jury une liste de plusieurs points (deux au minimum, mais trois sont appréciés) qu'il propose de développer. Ceux-ci peuvent être soit la démonstration d'un théorème, soit la présentation d'un exemple significatif, soit le développement détaillé d'une partie délimitée du plan.

La pertinence de tous les développements proposés, *leur adéquation au sujet* et leur niveau de difficulté sont des éléments essentiels de la notation. Les candidats veilleront à proposer des développements qui permettent de mettre en valeur leur maîtrise technique, sans excéder leur capacité, à en faire un exposé clair et complet dans le temps imparti. Les développements manifestement hors sujet ou en dessous du niveau exigible de l'agrégation sont pénalisés par le jury.

Le jury choisit parmi ces points le thème d'un exposé. Le jury refusera d'avantager par son choix de développement le candidat qui a concentré sa préparation sur un seul développement substantiel et intéressant, par rapport à ceux qui ont réellement préparé les deux ou trois développements demandés.

Le candidat dispose d'au plus 15 minutes pour ce développement détaillé, qui doit comprendre toutes les explications nécessaires à la compréhension du jury. Le candidat peut adopter un rythme rapide, mais ne doit pas perdre sciemment son temps. On s'attend à ce que le candidat expose sans le support de ses notes (sauf exception éventuelle sur les énoncés très techniques, auquel cas le candidat sera convié par le jury à consulter ses notes si le besoin se fait sentir). La clarté de cet exposé, l'aisance et la sûreté avec lesquelles il est présenté constituent un facteur important d'appréciation.

L'exposé doit être complet, sans suppression d'étapes intermédiaires, ni report d'argumentation techniques dans des résultats *ad hoc* admis. En particulier la technique qui consiste à admettre un « lemme préliminaire » qui contient toute la difficulté de la preuve, est sanctionnée. Le jury peut intervenir durant le développement pour une précision, une correction ou une justification. L'intervention éventuelle du jury ne donne pas lieu à une extension de la durée totale de l'exposé.

Au terme du développement le jury peut poser des questions sur l'exposé pour s'assurer de la maîtrise et de la compréhension du sujet abordé.

Troisième partie : questions et dialogue

L'exposé est suivi d'une discussion au cours de laquelle le jury s'assure de la solidité des connaissances du candidat sur les questions précédemment abordées (plan, exposé) ou sur tout autre

point en rapport avec le sujet et figurant au programme de l'oral. Un ou plusieurs exercices peuvent être proposés par le jury.

Durant cette partie, les exercices et questions posés permettent d'évaluer les réactions et capacités techniques des candidats dans un champ vierge. Le candidat doit donc s'attendre à ce qu'un dialogue s'établisse, lui permettant de profiter de suggestions si le besoin apparaît au jury. Il peut adopter un style moins formalisé que dans le développement, s'appuyer sur le plan : la priorité est ici à l'élaboration des idées, à la méthode d'appréhension des problèmes mathématiques.

Globalisation du temps de dialogue avec le jury. Le jury pourra répartir les temps réservés au dialogue avec le candidat (à la conclusion du plan et dans la troisième partie) comme il l'entend. La notation tient compte des qualités évaluées au cours de ces dialogues et non d'une répartition stricte par période.

1.2 Remarques détaillées sur les épreuves orales

Comportement général en algèbre et analyse

Le jury constate avec satisfaction une augmentation du nombre de bons candidats et de candidats bien préparés. En revanche, des candidats très faibles, ou n'ayant pas compris les exigences de l'oral, continuent de réussir à passer le cap de l'écrit.

Les candidats présentent presque tous un texte construit et deux développements associés (les candidats ne présentant qu'un développement sont très rares).

Ils ne se laissent plus surprendre par le temps ni pendant leur préparation ni pendant leur présentation.

Le plan photocopié. Dans l'ensemble, les plans photocopiés donnent satisfaction. Ils sont bien écrits, tiennent en trois pages comme demandé. Rappelons que le candidat doit *laisser une marge pour la photocopie* de 1 cm environ. Ce n'est pas toujours le cas, bien que cela soit rappelé aux candidats lors des tirages.

Nous confirmons que le plan doit tenir en trois pages maximum et que la limite de deux pages n'est pas exigée. D'autre part les notes écrites de la préparation sont bien sûr autorisées pendant la présentation du plan.

La présentation du plan. Cette année, et mieux que les années précédentes, les présentations de la quasi-totalité des candidats tiennent en 8 minutes. Ce qui montre qu'ils sont dans l'ensemble bien préparés.

La défense du plan est un élément non-négligeable dans la note finale ; or, le plus souvent, cette partie de l'oral reste une simple paraphrase du texte que le jury a déjà sous les yeux.

On attend que le candidat ait un avis sur les choix qu'il a faits, sur l'ordre dans lequel il a présenté les choses, sur les liens entre les différentes parties, etc.

Principaux Défauts :

- Le candidat relit de manière monotone son plan *in extenso*, avec tous les détails. Cela n'a pas grand intérêt, car le jury dispose déjà de la copie du texte.

- Les plans qui se veulent exhaustifs. On rappelle que ce n'est pas le but de cette épreuve et que cela nuit certainement au candidat, car il est alors très difficile de dégager des grands axes de synthèse ou de mettre en valeur le travail de réflexion personnelle du candidat. Mieux vaut faire des choix et les expliquer.
- Le candidat n'arrive pas à faire une synthèse, ni à mettre en perspective résultats et méthodes. Il ne décolle pas de son plan qu'il a souvent recopié ou appris lors de la préparation. Il passe trop de temps à introduire les notions de base et n'a plus le temps de développer les thèmes plus profonds de la leçon.

Principales Qualités :

- Le candidat fait une synthèse de son texte, sans s'attarder sur les détails inutiles ou élémentaires. Il explique les résultats importants, ajoute oralement des précisions qui ne figurent pas dans le texte. Par exemple, il explique que telle hypothèse du théorème est nécessaire en citant un contre-exemple. Il prend la craie pour expliquer un exemple pertinent, sans perdre de temps. Il explique comment utiliser ses résultats pour résoudre d'autres problèmes mathématiques.
- Le candidat explique l'articulation de son plan, la finalité et les difficultés principales rencontrées. Il fait part de ses réflexions sur le sujet et la manière dont il a compris les choses.

Le développement. Voici quelques remarques qui portent sur le choix des points proposés en développement et sur la présentation du point choisi par le jury.

Les propositions de développement :

- Il importe que tous les développements proposés soient en rapport avec le sujet de la leçon. Le hors-sujet est pénalisé ainsi que les développements de niveau trop faible.
- La technique qui consiste à admettre un lemme préliminaire qui vide de sa substance le développement est encore une fois sévèrement sanctionnée.
- Il importe que les développements proposés soient suffisamment différenciés. Il arrive relativement souvent que le deuxième développement proposé soit en fait un cas particulier du premier.
- Le jury n'est pas dupe des développements « forcés » ; il arrive que le candidat choisisse un développement intéressant et dans le sujet, puis un second moins intéressant, et à moitié hors-sujet ; dans ce cas, le jury peut demander des détails sur les deux développements, et, dans tous les cas, tiendra compte du côté « forcé » dans son appréciation finale.
- Il importe aussi de veiller à l'adéquation entre les développements proposés et le niveau du candidat. Ceci est vrai dans les deux sens. Un développement trop ambitieux peut comporter des risques, en particulier s'il n'aboutit pas. Mais s'il est bien maîtrisé, il peut aboutir à une excellente note. En revanche, un candidat moyen aura tout intérêt à choisir un développement qui met en valeur ses qualités d'exposition et sa compréhension satisfaisante d'un sujet préparé. Cependant, un développement vraiment trop élémentaire, ou trop court, et trop peu en rapport avec le programme de l'agrégation, n'obtiendra qu'une note assez basse, même s'il est parfaitement effectué.

L'exposé :

- On veillera à ce que les développements soient présentés de manière structurée. Il peut être utile de prendre quelques instants pour expliquer la stratégie de la preuve, donner brièvement les idées et les étapes. Cela éclaire les membres du Jury, et montre que le candidat maîtrise son sujet et n'a pas juste appris par cœur son développement, sans discernement.
- Le jury attend que le candidat soit capable de détailler les différents passages de sa démonstration en profondeur, de l'appliquer à un exemple simple, d'en comprendre les cas particuliers, *etc.*
- Le jury apprécie particulièrement que les candidats aient une opinion sur ce qu'ils exposent ; par exemple, comme il l'a entendu à propos de l'équation de la chaleur : « On pourrait utiliser un principe du maximum ; mais je préfère utiliser des considérations d'énergie qui me paraissent plus naturelles ici. »
- Comme les années précédentes, le jury n'a pas de peine à distinguer les candidats qui ont suivi une préparation méthodique et complète de ceux, fussent-ils intrinsèquement brillants, qui découvrent les thématiques de l'agrégation le jour de l'oral.

Autres remarques générales

- L'illustration d'un raisonnement par un dessin n'est le plus souvent obtenue qu'à la demande expresse du jury ; c'est fort dommage, car certaines preuves (théorème de projection sur un convexe par exemple) ne se trouvent, ou ne se comprennent vraiment, qu'avec un dessin, et le fait qu'un tel dessin ne « parle » pas au candidat est préoccupant.
- Les candidats gagneraient à utiliser plus systématiquement le tableau pendant le dialogue avec le jury, notamment à écrire les questions de ce dernier ; cela pourrait les aider à réfléchir.

1.2.1 Oral d'Algèbre**1. Décomposition de Dunford (Jordan) :**

- La décomposition de Dunford suscite encore des confusions lors de son application sur un exemple concret.

Très peu de candidats comprennent vraiment le théorème de Dunford : dans l'écriture $A = D + N$, la matrice D est *diagonalisable*, non nécessairement *diagonale*. Les futurs candidats pourront méditer avec fruit l'exemple suivant : $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$.

- Il est bon d'indiquer que D et N sont des polynômes de A .
- Il existe un algorithme inspiré de la méthode de Newton pour obtenir la décomposition de Dunford (Jordan) une fois connu le polynôme minimal. Cela évite de calculer les valeurs propres.
- Les candidats n'hésitent plus à citer la réduction de Jordan mais ignorent la forme précise des blocs de Jordan. Ceci les conduit à toutes sortes d'énoncés hasardeux d'unicité.
- Peu de candidats s'interrogent sur l'existence d'une décomposition de Dunford sur \mathbb{R} .

2. Sous-espaces stables :

La leçon est difficile et les candidats manquent d'outils. Toutefois cette leçon est mieux traitée que les années passées : les candidats ont compris qu'elle est distincte des leçons de réduction. De façon générale, le jury est toujours heureux d'écouter une leçon qui, même imparfaite, témoigne d'un effort de *réflexion personnelle*, plutôt qu'un plan recopié sans

discernement dans un ouvrage. Pour les bons candidats, on peut penser à traiter un peu de théorie des représentations, ou la description de tous les sous-espaces vectoriels stables dans le cas cyclique (on peut faire une analogie avec les sous-groupes de $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$) ou dans le cas diagonalisable.

3. Leçon formes quadratiques :

- Le cas des formes quadratiques sur le corps \mathbb{C} est rarement traité par les candidats.
- L'algorithme de Gauss doit être présenté dans la leçon ; dans le cas $K = \mathbb{R}$, le lien avec la signature doit être fait.

4. Groupes finis

Cette leçon a souvent donné lieu à des pseudo-cours trop théoriques.

5. Corps finis :

- Les candidats citent, voire proposent en développement, le théorème de Wedderburn *tout corps fini est commutatif* mais ne connaissent généralement pas de corps infinis non commutatifs.
- Les candidats évoquent l'existence des corps finis à p^n éléments, mais la description précise de \mathbb{F}_4 suscite des affirmations saugrenues.

6. Barycentre - Convexité

Les candidats négligent les barycentres et ne traitent que la convexité, la leçon devenant une leçon d'analyse.

Cette leçon doit être vue comme *Barycentres et applications* et porte essentiellement sur la géométrie. Un barycentre n'est pas forcément à coefficients positifs!!

7. Divers

- Le développement *Décomposition polaire* est proposé par les candidats dans pratiquement toutes les leçons d'algèbre linéaire et bilinéaire (et ne parlons pas de Dunford!). Le jury est sensible à une certaine originalité dans le choix des exposés et sanctionnera le hors-sujet. Par exemple, la décomposition polaire ne peut pas figurer dans la leçon polynômes d'endomorphismes au seul prétexte que $\sqrt{f^*f}$ est un polynôme en f^*f !
- Le développement *Théorème des extrema liés* n'est pas très adapté à la leçon *Dimension des espaces vectoriels*.
- Le jury reste perplexe quand un candidat, après avoir exposé la réduction de Jordan d'un endomorphisme nilpotent $f \neq 0$, se révèle incapable de montrer que $\text{Ker } f \cap \text{Im } f \neq \{0\}$; ou quand un candidat montre l'irréductibilité des polynômes cyclotomiques en passant dans le corps $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$, mais ne sait pas expliquer l'importance du choix de p premier.

1.2.2 Oral d'Analyse

Généralités : Cette année, le jury a été à peu près unanime à trouver que la préparation des candidats était bonne, et leur niveau d'ensemble satisfaisant. En particulier, ces derniers hésitent moins que l'an dernier à choisir dans leur couplage la leçon la plus ambitieuse (méthodes hilbertiennes, fonctions holomorphes, théorèmes de point fixe, etc.), ce qui leur permet parfois d'avoir de très bonnes notes, qui seraient peut-être plus difficiles à obtenir sur un sujet plus élémentaire. On note aussi un effort vers la partie « exemples et applications », très importante aux yeux du jury.

On voit quand même une (petite) catégorie de candidats qui proposent des leçons d'un niveau ridiculement bas (par exemple, une leçon sur l'indépendance des variables aléatoires culminant avec le jet de deux dés ...).

Toutefois, les remarques générales ou techniques suivantes indiquent des directions dans lesquelles les candidats pourraient utilement améliorer leur préparation.

1. À propos de l'intégration, des fonctions analytiques

- Un certain nombre de candidats se placent dans le cadre de l'intégrale de Riemann pour aborder des problèmes de dérivation d'intégrales dépendant d'un paramètre.

Il en résulte des développements longs et fastidieux, probablement inspirés d'ouvrages anciens. Ce genre de problème est bien plus aisément traité au moyen de l'intégrale de Lebesgue.

Se placer dans le cadre de l'intégrale de Lebesgue permet parfois des preuves beaucoup plus simples de certains résultats de régularité ou de comportement asymptotique pour des intégrales dépendant d'un paramètre.

- De même, il est plus facile de démontrer que telle fonction définie par une somme ou une intégrale est holomorphe plutôt que de démontrer pas-à-pas qu'elle est de classe C^∞ ...

2. Probabilités

Les candidats restent encore très timorés devant les leçons de probabilités, et les choisissent très rarement. Pourtant, préparer soigneusement ces leçons pourrait être, au moins pour ceux ayant choisi l'option Probabilités, un complément très utile à la préparation de la troisième épreuve d'oral.

3. Prolongement de fonctions, fonction Γ

- La leçon *Prolongement de fonctions* peut être l'occasion d'aborder des thèmes aussi variés que le prolongement des fonctions de classe C^1 sur un intervalle $]a, b]$, le prolongement des fonctions Gamma et Zeta, l'analyticité. La richesse de ce sujet devrait inciter les candidats à la choisir plus souvent.
- Quand on définit la fonction $\Gamma(x)$ par une intégrale, pour $x > 0$, le prolongement analytique naturel dans le demi-plan $\text{Re } z > 0$ est la même intégrale, où la variable réelle x est remplacée par la variable complexe z . Si l'on veut prolonger par la formule d'Euler, il faut donner une motivation : par exemple, le prolongement méromorphe de Γ au delà du demi-plan droit ; ou bien la non-nullité de Γ , qui n'a rien d'évident sur la forme intégrale.

4. Attention au hors sujet !

- Les candidats font souvent du « hors-sujet » ; en particulier, dans la leçon « *problèmes d'interversion de limites* », ils ont tendance à intervertir un peu n'importe quoi ; par exemple, les théorèmes de Tauber, Hardy-Littlewood, ou Fubini, ne relèvent pas naturellement d'un problème d'interversion de limites, et leur apparition dans cette leçon demande à être argumentée.
- Ce hors-sujet est particulièrement net dans la leçon « *illustrer par des exemples et des contre-exemples la théorie des séries numériques* », qui porte bien son titre : on n'attend nullement un cours de base sur les séries numériques et les « règles » qui s'y rattachent, mais bel et bien des exemples et des contre-exemples significatifs. On peut ainsi penser aux lemmes de du Bois-Reymond, de Riemann, inégalité de Carleman, existence de

séries convergentes à termes positifs u_n telles que nu_n ne tende pas vers zéro, rôle de la monotonie des u_n , etc.

- Les candidats ont souvent des « jokers » de haut niveau (théorèmes de John, Hardy-Littlewood, Stampacchia, etc.), qu'ils cherchent à placer un peu partout ; cela n'est pas interdit, mais devrait être davantage argumenté, avec en particulier un éclairage différent sur le joker en fonction du contexte dans lequel il est utilisé.

5. Du bon usage des ouvrages

- Les livres utilisés demandent parfois à être complétés, voire à être corrigés, lorsqu'ils comportent des coquilles ; ainsi, il est absurde de parler de convergence quadratique dans la méthode de Newton, et juste après, d'une erreur à la n -ième étape de l'ordre de ε^{2n} , alors qu'il faut bien sûr écrire ε^{2^n} , et que « le ε^{2n} » constitue évidemment une erreur typographique de la référence.
- Il y a un devoir de « prise de recul » vis-à-vis des documents écrits utilisés, faute de quoi on assiste à des incohérences, voire des erreurs, dans les plans : par exemple il est incohérent, dans la leçon « espaces complets » de donner le critère de complétude d'un espace normé par séries absolument convergentes, puis de commencer la preuve de la complétude de L^∞ en extrayant d'une suite de Cauchy (φ_n) une sous-suite (φ_{n_k}) telle que $\|\varphi_{n_k} - \varphi_{n_{k-1}}\| \leq 2^{-k}$!
- Les candidats ne choisissent malheureusement *que des ouvrages en français, toujours les mêmes* ; il faudrait insister sur le fait qu'il existe aussi beaucoup d'excellents ouvrages en anglais, on peut penser notamment aux deux livres récents de Stein et Shakarchi (Complex Analysis et Fourier Analysis, an introduction) qui se lisent comme des romans !

6. Divers

- Les connaissances sur les produits infinis sont trop imprécises, et cela joue des tours aux candidats lors de leurs nombreux développements sur la fonction Γ : rappelons en particulier que, si la série de complexes u_n est absolument convergente, la suite $P_n = (1 + u_1)\dots(1 + u_n)$ converge vers une limite finie P , et que P est nulle si et seulement si l'un des facteurs $1 + u_n$ est nul.
- Les méthodes d'accélération de la convergence en analyse numérique, en particulier celles d'Aitken et de Runge-Kutta, doivent être motivées, sous peine de rester particulièrement mystérieuses et indigestes.
- Les formules de Taylor, en particulier les hypothèses précises de différentiabilité, sont parfois encore mal connues.
- Le théorème de Stampacchia demande à être commenté : il se réduit au théorème de projection quand la forme bilinéaire est symétrique, il a des applications aux équations différentielles, ou aux équations aux dérivées partielles elliptiques, et il vaut mieux en donner une ; enfin, déduire le théorème de Lax-Milgram de celui de Stampacchia revient à utiliser un marteau-pilon pour prouver un résultat élégant et utile, mais élémentaire (un opérateur d'image à la fois fermée et dense est surjectif).
- Dans un espace métrique, la notion d'ensemble borné n'a aucun intérêt, et dans l'énoncé du théorème de Montel sur les familles compactes de fonctions holomorphes (les familles fermées, bornées), le mot borné ne réfère évidemment pas à la métrique, de toute façon bornée par 1 sur tout l'espace !
- Dans l'énoncé « les fonctions continues à support compact sur \mathbb{R}^n sont denses dans les fonctions continues sur \mathbb{R}^n », la topologie sous-jacente est évidemment celle de la

convergence uniforme sur tout compact ; pas celle de la convergence uniforme sur \mathbb{R}^n tout entier !

2 Épreuve de modélisation

Le jury se félicite de ce que la plupart des candidats sont bien préparés à cette épreuve. Les textes ont été volontiers choisis. Ils ont souvent mis en valeur les candidats bien préparés qui ont à cette occasion pu démontrer leur capacité d'adaptation à un sujet nouveau aussi bien que leurs connaissances. L'utilisation de l'ordinateur et des logiciels mis à la disposition des candidats est presque générale – à des degrés divers – et est appréciée positivement par le jury. Les candidats ne doivent pas perdre de vue qu'il s'agit, à travers l'utilisation de ces logiciels, d'illustrer (par des exemples ou l'étude de cas particuliers) une démarche de modélisation en mathématiques.

Toutefois, le jury dans son ensemble constate que l'**algèbre linéaire** est insuffisamment assimilée par l'ensemble des candidats. Cette lacune se manifeste dans de nombreux domaines, tant la maîtrise des bases de l'algèbre linéaire est essentielle en mathématiques.

Option calcul scientifique

- Le jury rappelle que l'épreuve de modélisation n'est pas une épreuve de programmation. Une utilisation raisonnée des fonctions des logiciels disponibles est plus appréciée qu'une reprogrammation hasardeuse d'algorithmes standards. Bien intégré dans l'exposé, un tel travail peut toutefois devenir pertinent pour illustrer les insuffisances de telle ou telle méthode naïve sur un exemple.
- Il est légitime de se placer dans un cadre plus simple, aussi bien dans une leçon que dans l'étude d'un texte, si des renseignements non triviaux sont ainsi obtenus.
- Il est essentiel que l'exposé sépare clairement les théorèmes (en précisant leur caractère in-effectif le cas échéant), les hypothèses du modèle, les hypothèses simplificatrices (celles du texte, et celles introduites par le candidat, en les justifiant si possible), les conjectures. Et toujours utile de dégager les résultats obtenus.
- Le candidat aura intérêt à détailler les limites des méthodes présentées, l'adéquation des modèles choisis, et le caractère réaliste ou non des exemples proposés, des ordres de grandeur, *etc.* Ainsi, il n'est pas raisonnable qu'un exposé sur le protocole cryptographique RSA utilise sans commentaire 7×13 comme produit de deux grands nombres premiers. Ni que la méthode de factorisation de Berlekamp se conclue froidement par le calcul de p PGCDs quand le candidat vient de s'étendre sur les mérites de l'exponentiation binaire pour le calcul du Frobenius « quand p est grand ».
- Si le « paradoxe des anniversaires » est un théorème, son application à la méthode de factorisation de Pollard est heuristique : les éléments d'une suite récurrente convenable « se comportent comme » un tirage uniformément au hasard.
- De même, l'existence d'un nombre premier de taille donnée pour des besoins cryptographiques peut se justifier asymptotiquement par l'équivalent du théorème des nombres premiers, mais attention à l'effectivité.

À cet égard, s'il n'est pas exigible de connaître tous les algorithmes employés dans les fonctions du système qu'on utilise, il faut connaître leurs spécifications : nonobstant leur nom, il est rare que les fonctions de type « *isprime* », « *nextprime* », *etc.*, montrent rigoureusement la

primalité. Utiliser des entiers pseudo-premiers en lieu et place de nombres premiers certifiés est raisonnable, mais a des conséquences qu'il est utile de discuter.

- La recherche naïve des racines rationnelles d'un polynôme à coefficients entiers requiert la factorisation potentiellement coûteuse de ses coefficients constants et dominants. Une question sur l'utilisation d'approximations des racines complexes, voire modulo une puissance convenable d'un nombre premier, ne devrait pas surprendre le candidat. Une majoration du module de la plus grande racine (ou d'un rayon spectral) est fréquemment utile, et rarement bien menée.
- Finalement, quelques indications sur la complexité des algorithmes utilisés sont préférables aux assertions souvent douteuses du type « A est beaucoup plus rapide que B ». En se limitant aux algorithmes classiques, inverser une matrice carrée de dimension n , calculer son déterminant ou l'élever au carré requiert $O(n^3)$ opérations sur le corps de base. La multiplication de deux entiers inférieurs à 10^n , leur division euclidienne ou leur pgcd s'effectuent en temps $O(n^2)$.

Probabilités et statistique

Le jury constate que beaucoup de candidats sont bien préparés à cette épreuve.

Les textes ont été l'occasion pour les candidats sérieux de démontrer à la fois leur compréhension d'un sujet nouveau mais aussi leurs connaissances en statistique et probabilités.

Toutefois, il est indispensable que tous les candidats qui choisissent l'option probabilités et statistique puissent expliquer les notions de base du programme de l'oral de l'agrégation de mathématiques. Les points suivants en constituent des exemples :

- Définition des variables aléatoires.
- Connaissance des lois des variables de Bernoulli.
- Définition de la notion d'indépendance de variables aléatoires.
- Énoncés corrects des théorèmes de la loi des grands nombres et du théorème de la limite centrale.
- Ce qui suppose de bien comprendre les notions de convergence en loi, en probabilité et presque sûre.
- Les chaînes de Markov sont assez bien comprises par les candidats mais il importe de savoir expliciter, à partir d'exemples simples et concrets, les propriétés de la chaîne de Markov.
- Estimation d'un paramètre pour les modèles statistiques les plus courants.

Les notions de simulation et de modélisation sont parfois confondues par les candidats.

Parmi les notions insuffisamment maîtrisées figurent celles du programme de statistique. Seuls les très bons candidats savent expliquer clairement ce qu'est un test en statistique et peu arrivent à tester une hypothèse à partir d'un exemple précis. Les problèmes concrets liés à l'estimation de paramètres inconnus sont rarement abordés bien qu'ils soient souvent à la base de la modélisation à partir de données.

Le jury, constatant la croissance du nombre de candidats qui ignorent tout ou partie de la statistique, a été vigilant quant au contrôle de cette connaissance.

3 Ouvrages autorisés

Les candidats peuvent utiliser librement les ouvrages de la bibliothèque de l'agrégation dont la composition, pour la session 2004, est rappelée en annexe 2. Ils peuvent aussi emprunter les ouvrages mis à la disposition de tous les candidats par les centres de préparation à l'agrégation. Ces ouvrages sont rangés dans une des deux salles de la bibliothèque. Le nombre d'exemplaires de chaque titre étant limité, un ouvrage emprunté par un ou plusieurs candidats peut être indisponible.

Un candidat peut aussi utiliser tout ouvrage qu'il a apporté à la condition :

- qu'il soit en vente dans le commerce, ce qui se manifeste par la présence d'un numéro d'identification ISBN ;
- qu'il soit rédigé en langue française ou en langue anglaise ;
- qu'il soit vierge de toute annotation ;
- qu'il ne comporte pas des plans ou des développements tous faits, spécifiquement rédigés pour la préparation de l'agrégation : à cet égard une liste d'ouvrages interdits est affichée sur la porte de la bibliothèque.

Le président du jury, ou l'un des membres du jury, a toute autorité pour refuser l'utilisation d'un ouvrage ne remplissant pas l'ensemble de ces conditions.

À titre indicatif, pour le concours 2004, la liste des ouvrages non autorisés était la suivante :

- AVEZ A. Analyse pour l'agrégation [Masson]
AVEZ A. La leçon d'analyse à l'Oral de l'agrégation [Masson]
AVEZ A. La leçon de géométrie à l'Oral de l'agrégation [Masson]
CHAMBERT-LOIR A. Exercices de mathématiques pour l'agrégation, tome I,
1^{re} édition [Masson]
CORTIER J.P. Exercices corrigés d'algèbre et géométrie [CRDP de Champagne Ardenne]
DUMAS L. Modélisation à l'oral de l'agrégation. Calcul Scientifique [Ellipses]
GUÉNARD F. Vademecum de l'oral d'analyse, agrégation de mathématiques [Eska]
MADÈRE K. Préparation à l'oral de l'agrégation. Leçon d'algèbre [Ellipses]
MADÈRE K. Préparation à l'oral de l'agrégation. Leçon d'analyse [Ellipses]
MADÈRE K. Développement pour leçon d'analyse, agrégation de mathématiques [Ellipses]
MADÈRE K. Développement pour leçon d'algèbre, agrégation de mathématiques [Ellipses]
MEUNIER P. Exercices pour l'agrégation interne de mathématiques [PUF]
MEUNIER P. Préparation à l'agrégation interne, IREM de Montpellier [PUF]
TOULOUSE P.S. Thèmes de probabilités et statistiques, agrégation de mathématiques
[Dunod]

Algèbre et géométrie

- 101 - Groupe opérant sur un ensemble. Exemples et applications.
- 102 - Sous-groupes discrets de \mathbb{R}^n . Réseaux.
- 103 - Exemples de sous-groupes distingués et de groupes quotients. Applications.
- 104 - Groupes finis. Exemples et applications.
- 105 - Groupe des permutations d'un ensemble fini. Applications.
- 106 - Groupe linéaire d'un espace vectoriel de dimension finie E , sous-groupes de $GL(E)$. Applications.
- 107 - Sous-groupes finis de $O(2, \mathbb{R})$, de $O(3, \mathbb{R})$. Applications.
- 108 - Exemples de parties génératrices d'un groupe.
- 109 - Anneaux $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$. Applications.
- 110 - Nombres premiers. Applications.
- 111 - Exemples d'applications des idéaux d'un anneau commutatif unitaire.
- 146 - Anneaux principaux.
- 112 - Corps finis. Applications.
- 113 - Groupe des nombres complexes de module 1. Applications.
- 114 - Équations diophantiennes du premier degré $ax+by = c$. Autres exemples d'équations diophantiennes.
- 115 - Corps des fractions rationnelles à une indéterminée sur un corps commutatif. Applications.
- 116 - Polynômes irréductibles à une indéterminée. Corps de rupture. Exemples et applications.
- 117 - Algèbre des polynômes à n indéterminées ($n \geq 2$). Polynômes symétriques. Applications.
- 118 - Racines des polynômes à une indéterminée. Relations entre les coefficients et les racines d'un polynôme. Exemples et applications.
- 119 - Polynômes orthogonaux. Exemples et applications.
- 120 - Dimension d'un espace vectoriel (on se limitera au cas de la dimension finie). Rang. Exemples et applications.
- 121 - Matrices équivalentes. Matrices semblables. Applications.
- 122 - Opérations élémentaires sur les lignes et les colonnes d'une matrice. Résolution d'un système d'équations linéaires. Exemples et applications.

- 123 - Déterminant. Exemples et applications.
- 124 - Réduction d'un endomorphisme en dimension finie. Applications.
- 125 - Sous-espaces stables d'un endomorphisme d'un espace vectoriel de dimension finie. Applications.
- 126 - Endomorphismes diagonalisables.
- 127 - Exponentielle de matrices. Applications.
- 128 - Endomorphismes nilpotents.
- 129 - Polynômes d'endomorphismes. Applications.
- 130 - Exemples de décompositions remarquables dans le groupe linéaire. Applications.
- 131 - Formes quadratiques sur un espace vectoriel de dimension finie. Applications.
- 132 - Formes linéaires et hyperplans en dimension finie. Exemples et applications.
- 133 - Endomorphismes remarquables d'un espace vectoriel euclidien de dimension finie.
- 134 - Endomorphismes remarquables d'un espace vectoriel hermitien de dimension finie.
- 135 - Isométries d'un espace affine euclidien de dimension finie. Formes réduites. Applications.
- 136 - Coniques.
- 137 - Barycentres dans un espace affine réel de dimension finie ; convexité. Applications.
- 138 - Homographies de la droite complexe. Applications.
- 139 - Applications des nombres complexes à la géométrie.
- 140 - Utilisation des angles en géométrie.
- 141 - Utilisation des groupes en géométrie.
- 142 - Exemples de propriétés projectives et d'utilisation d'éléments à l'infini.
- 143 - Constructions à la règle et au compas.
- 147 - Applications affines.
- 144 - Problèmes d'angles et de distances en dimension 2 ou 3.
- 145 - Méthodes combinatoires, problèmes de dénombrement.

Analyse et probabilités

- 201 - Espaces de fonctions. Exemples et applications.
- 202 - Exemples de parties denses et applications.
- 203 - Utilisation de la notion de compacité.
- 204 - Connexité. Exemples et applications.
- 205 - Espaces complets. Exemples et applications.
- 206 - Utilisation de théorèmes de point fixe.
- 207 - Prolongement de fonctions. Applications.
- 208 - Utilisation de la continuité uniforme en analyse.

- 209 - Utilisation de la dénombrabilité en analyse et en probabilités.
- 210 - Applications linéaires continues entre espaces vectoriels normés. Exemples et applications.
- 211 - Utilisation de la dimension finie en analyse.
- 212 - Méthodes hilbertiennes en dimension finie et infinie.
- 213 - Bases hilbertiennes. Exemples et applications.
- 214 - Applications du théorème d'inversion locale et du théorème des fonctions implicites.
- 215 - Applications différentiables définies sur un ouvert de \mathbb{R}^n . Exemples et applications.
- 216 - Étude de courbes. Exemples.
- 217 - Étude locale de surfaces. Exemples.
- 218 - Applications des formules de Taylor.
- 219 - Problèmes d'extremums.
- 220 - Équations différentielles $X' = f(t, X)$; exemples d'études qualitatives des solutions.
- 221 - Équations différentielles linéaires. Systèmes d'équations différentielles linéaires. Exemples et applications.
- 222 - Exemples d'équations différentielles. Solutions exactes ou approchées.
- 223 - Convergence des suites numériques. Exemples et applications.
- 224 - Comportement asymptotique des suites numériques. Rapidité de convergence. Exemples.
- 226 - Comportement d'une suite réelle ou vectorielle définie par une itération $u_{n+1} = f(u_n)$. Exemples.
- 227 - Développement asymptotique d'une fonction d'une variable réelle.
- 228 - Continuité et dérivabilité des fonctions réelles d'une variable réelle. Exemples et contre-exemples.
- 229 - Fonctions monotones. Fonctions convexes. Exemples et applications.
- 230 - Séries de nombres réels ou complexes. Comportement des restes ou des sommes partielles des séries numériques. Exemples.
- 231 - Illustrer par des exemples et des contre-exemples la théorie des séries numériques.
- 232 - Méthodes d'approximation des solutions d'une équation $F(X) = 0$. Exemples.
- 233 - Intégration des fonctions d'une variable réelle. Suites de fonctions intégrables.
- 234 - Espaces L^p , $1 \leq p \leq +\infty$.
- 235 - Interversions d'une limite et d'une intégrale. Exemples et applications.
- 236 - Illustrer par des exemples quelques méthodes de calcul d'intégrales de fonctions d'une ou plusieurs variables réelles.
- 237 - Problèmes de convergence et de divergence d'une intégrale sur un intervalle de \mathbb{R} .
- 238 - Méthodes de calcul approché d'intégrales.
- 239 - Fonctions définies par une intégrale dépendant d'un paramètre. Exemples et applications.
- 240 - Transformation de Fourier, produit de convolution. Applications.

- 241 - Suites et séries de fonctions. Exemples et contre-exemples.
- 242 - Exemples d'utilisation de fonctions définies par des séries.
- 243 - Convergence des séries entières, propriétés de la somme. Exemples et applications.
- 244 - Fonctions d'une variable complexe, holomorphie. Exemples et applications.
- 245 - Fonctions holomorphes et méromorphes sur un ouvert de \mathbb{C} .
- 246 - Développement d'une fonction périodique en série de Fourier. Exemples et applications.
- 247 - Exemples de problèmes d'interversion de limites.
- 248 - Approximation des fonctions numériques par des fonctions polynomiales ou polynomiales par morceaux. Exemples.
- 249 - Le jeu de pile ou face (suites de variables de Bernoulli indépendantes).
- 250 - Loi binomiale, loi de Poisson. Applications.
- 251 - Indépendance d'événements et de variables aléatoires. Exemples.
- 252 - Parties convexes, fonctions convexes (d'une ou plusieurs variables). Applications.

Modélisation : calcul scientifique

- 301 - Appliquer et comparer des méthodes numériques ou symboliques de réduction de matrices dans des problèmes issus de modélisations.
- 302 - Utiliser et comparer des méthodes numériques ou symboliques de résolution de systèmes linéaires dans des problèmes issus de modélisations.
- 303 - Dégager et étudier par des méthodes numériques ou symboliques des systèmes d'équations non linéaires - par exemple polynomiales - dans des problèmes issus de modélisations.
- 304 - Utiliser dans des problèmes issus de modélisations des résultats relatifs à l'approximation ou à l'interpolation de fonctions.
- 305 - Utiliser et comparer des méthodes numériques ou symboliques de résolution d'équations différentielles dans des problèmes issus de modélisations.
- 306 - Applications de la transformée ou des séries de Fourier - par exemple aux équations aux dérivées partielles.
- 307 - Propriétés qualitatives d'une équation différentielle ou d'un système différentiel, applications.
- 308 - Utiliser et comparer des méthodes de factorisation et de recherche des racines d'un polynôme, applications.
- 309 - Appliquer et comparer des méthodes de minimisation dans des problèmes issus de modélisations.
- 310 - Problèmes liés à la représentation des courbes ou des surfaces, applications.
- 311 - Étudier la dépendance des solutions d'une équation par rapport à un paramètre dans des problèmes issus de modélisations.

- 312 - PGCD, PPCM : méthodes de calcul et applications.
- 313 - Application des congruences ou des corps finis.
- 314 - Utilisation de la convexité dans des problèmes issus de modélisations.
- 315 - Utiliser et comparer des méthodes numériques ou symboliques de résolution d'équations aux dérivées partielles dans des problèmes issus de modélisations.

Modélisation : probabilités et statistiques

- 401 - Exemples d'applications de lois des grands nombres et du théorème de la limite centrale en situation de modélisation.
 - 402 - À partir d'exemples issus de la modélisation motiver, décrire et critiquer une méthode probabiliste pour le calcul approché d'une intégrale.
 - 403 - Utilisation de l'espérance conditionnelle dans différents modèles.
 - 404 - Exemples d'utilisation des martingales en modélisation.
 - 405 - Utilisation en modélisation de vecteurs aléatoires gaussiens.
 - 406 - Exemples d'utilisation du modèle linéaire gaussien en modélisation.
 - 407 - Exemples et principes de tests statistiques en modélisation.
 - 408 - Utilisation d'ensembles de confiance en modélisation.
 - 409 - Utilisation en modélisation de la notion de fonction de répartition empirique.
 - 410 - Utilisation de lois exponentielles en modélisation.
 - 411 - Applications de méthodes de simulation de variables ou de vecteurs aléatoires à des problèmes de modélisation.
 - 412 - Exemples liés à la modélisation de chaînes de Markov récurrentes ou transientes à espace d'états au plus dénombrable.
 - 413 - À partir d'exemples liés à la modélisation décrire la convergence d'une chaîne de Markov vers une loi invariante.
 - 414 - Utilisation de la loi de Poisson en modélisation.
 - 415 - Utilisation(s) de la transformée de Laplace ou de la fonction génératrice dans des problèmes de modélisation.
 - 416 - Traitement de données : analyse de la variance et/ou analyse en composantes principales.
-

ANNEXE 2 : La bibliothèque de l'agrégation

AHUÉS M. CHATELIN F.	Exercices de valeurs propres de matrices	MASSON
ALESSANDRI M.	Thèmes de géométrie	DUNOD
ANDLER M. BLOCH J. D. MAILLARD B.	Exercices corrigés de Mathématiques <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1A - Topologie • Tome 1B - Fonctions numériques • Tome 2 - Suites et séries numériques • Tome 3 - Analyse fonctionnelle • Tome 5 - Algèbre générale, polynômes • Tome 6 - Algèbre linéaire, première partie • Tome 7 - Algèbre linéaire, deuxième partie 	ELLIPSES
ANDREWS G.	Number Theory	DOVER
ARIBAUD F. VAUTHIER J.	Mathématiques. Première année de DEUG	ESKA
ARNAUDIES J-M. BERTIN J.	Groupes, Algèbres et Géométrie <ul style="list-style-type: none"> • Tome I • Tome II 	ELLIPSES
ARNAUDIES J-M. DELEZOIDE P. FRAYSSE H.	Exercices résolus d'analyse	DUNOD
ARNAUDIES J-M. DELEZOIDE P. FRAYSSE H.	Exercices résolus d'algèbre bilinéaire et géométrie du cours de Mathématiques tome 4	DUNOD
ARNAUDIES J-M. FRAYSSE H.	Cours de Mathématiques <ul style="list-style-type: none"> • 1. Algèbre • 2. Analyse • 3. Compléments d'analyse • 4. Algèbre bilinéaire et géométrie 	DUNOD
ARNOLD V.	Chapitre supplémentaire de la théorie des équations différentielles ordinaires	MIR

ARNOLD V.	Équations différentielles ordinaires	MIR
<hr/>		
ARTIN E.	Algèbre géométrique	GAUTHIER-VILLARS
<hr/>		
ARTIN E.	Algèbre géométrique	GABAY
<hr/>		
ARTIN M.	Algebra	PRENTICE HALL
<hr/>		
AUBIN J.P.	Analyse fonctionnelle appliquée <ul style="list-style-type: none">• Tome 1• Tome 2	PUF
<hr/>		
AUDIN M.	Géométrie de la licence à l'agrégation	BELIN
<hr/>		
AVANISSIAN V.	Initiation à l'analyse fonctionnelle	PUF
<hr/>		
AVEZ A.	Calcul différentiel	MASSON
<hr/>		
BAKHVALOV N.	Méthodes numériques	MIR
<hr/>		
BARANGER J.	Analyse numérique	HERMANN
<hr/>		
BARRET M. BENIDIR M.	Stabilité des filtres et des systèmes linéaires	DUNOD
<hr/>		
BASIL B. PESKINE C.	Algèbre	DIDEROT, ÉDITEUR ARTS ET SCIENCES
<hr/>		
BASS J.	Cours de Mathématiques <ul style="list-style-type: none">• Tome 1• Tome 2	MASSON
<hr/>		
BENDER C. ORSZAG S.	Advanced mathematical methods for scientists and engineers	MC GRAW HILL
<hr/>		
BERGER M. GOSTIAUX B.	Géométrie différentielle	ARMAND COLIN

BERGER M. BERRY J-P. PANSU P. SAINT RAYMOND X.	Problèmes de géométrie commentés et rédigés	CÉDIC/NATHAN
BERGER M.	Géométrie <ul style="list-style-type: none"> • Index • 1. Action de groupes, espaces affines et projectifs • 2. Espaces euclidiens, triangles, cercles et sphères • 3. Convexes et polytopes, polyèdres réguliers, aires et volumes • 4. Formes quadratiques, quadriques et coniques • 5. La sphère pour elle-même, géométrie hyperbolique, l'espace des sphères 	CÉDIC/NATHAN
BERGER M.	Géométrie tome 2	NATHAN
BICKEL P.J. DOKSUM K.A.	Mathematical statistics	PRENTICE HALL
BIGGS NORMAN L.	Discrete mathematics	OXFORD SCIENCE PUBLICATIONS
BLANCHARD A.	Les corps non commutatifs	PUF
BOAS R.	A primer of real functions	MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA
BON J.L.	Fiabilité des systèmes	MASSON
BONNANS J.F. GILBERT J.C. LEMARECHAL C. SAGASTIZABAL C.	Optimisation numérique	SPRINGER

BOURBAKI N.	Éléments de Mathématique <ul style="list-style-type: none"> • Topologie générale, chapitres V à X • Fonctions d'une variable réelle, chapitres I à VII • Fonctions d'une variable réelle, chapitres I à III • Fascicule XIII Intégration, chapitres I à IV 	HERMANN
BOUVIER A. RICHARD D.	Groupes	HERMANN
BREMAUD P.	Introduction aux probabilités	SPRINGER
BREZIS H.	Analyse fonctionnelle, théorie et applications	MASSON
BROUSSE P.	Mécanique MP - PC.- Spéciales A. A'. B. B'.	ARMAND COLIN
BRUCE J.W. GIBLIN P.J. RIPPON P.J.	Microcomputers and Mathematics	CAMBRIDGE
CABANE R. LEBOEUF C.	Algèbre linéaire <ul style="list-style-type: none"> • 1. Espaces vectoriels , Polynômes • 2. Matrices et réduction 	ELLIPSES
CABANNES H.	Cours de Mécanique générale	DUNOD
CALAIS J.	Éléments de théorie des anneaux	PUF
CALAIS J.	Éléments de théorie des groupes	PUF
CARREGA J.C.	Théorie des corps	HERMANN
CARTAN H.	Calcul différentiel (1971)	HERMANN
CARTAN H.	Cours de calcul différentiel (1977)	HERMANN

CARTAN H.	Formes différentielles	HERMANN
CARTAN H.	Théorie élémentaire des fonctions analytiques	HERMANN
CARTIER P. KAHANE J.P. ARNOLD V. et al.	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui	CASSINI
CASTLEMAN K.R.	Digital image processing	PRENTICE HALL
CHAMBERT-LOIR A. FERMIGER S. MAILLOT V.	Exercices de mathématiques pour l'agrégation Analyse 1 (seconde édition revue et corrigée)	MASSON
CHAMBERT-LOIR A. FERMIGER S.	Exercices de mathématiques pour l'agrégation <ul style="list-style-type: none"> • Analyse 2 • Analyse 3 	MASSON
CHATELIN F.	Valeurs propres de matrices	MASSON
CHILDS L.	A concrete introduction to Higher Algebra	SPRINGER VERLAG
CHOQUET G.	Cours d'analyse Tome II : Topologie	MASSON
CHOQUET G.	L'enseignement de la géométrie	HERMANN
CHRISTOL G. PILIBOSSIAN P. YAMMINE S.	<ul style="list-style-type: none"> • Algèbre 1 • Algèbre 2 	ELLIPSES
CIARLET P.G.	Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation	MASSON
COHN P.M.	Algebra Volume 1	JOHN WILEY

COLLECTIF (Ebbinghaus, Hermes, Hirzebruch, Koecher, Lamotke, Mainzer, Neukirch, Prestel, Remmert)	Les Nombres	VUIBERT
COLLET P.	Modeling binary data	CHAPMAN AND HALL
COMBROUZE A.	Probabilités et statistiques	PUF
COTRELL M. GENON-CATALOT V. DUHAMEL C. MEYRE T.	Exercices de probabilités	CASSINI
COURANT R. HILBERT D.	Methods of Mathematical Physics • Volume 1 • Volume 2	JOHN WILEY
COXETER H.S.M.	Introduction to Geometry	JOHN WILEY
CROUZEIX M. MIGNOT A.	Analyse numérique des équations différentielles	MASSON
CVITANOVIC P.	Universality in Chaos	INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING
DACUNHA-CASTELLE D. DUFLO M.	• Probabilités et Statistiques 1. Problèmes à temps fixe • Exercices de Probabilités et Statistiques 1. Problèmes à temps fixe	MASSON
DACUNHA-CASTELLE D. REVUZ D. SCHREIBER M.	Recueil de problèmes de calcul des probabilités	MASSON
de KONNINCK J.M. MERCIER A.	Introduction à la théorie des nombres	MODULO
DEHEUVELS P.	L'intégrale	PUF
DEHEUVELS P.	L'intégrale	QUE-SAIS-JE ? PUF

DEHEUVELS R.	Formes quadratiques et groupes classiques	PUF
DEHORNOY P.	Mathématiques de l'informatique	DUNOD
DEHORNOY P.	Complexité et décidabilité	SPRINGER
DEMAILLY J.P.	Analyse numérique et équations différentielles	PU GRENOBLE
DEMAZURE M.	Catastrophes et bifurcations	ELLIPSES
DEMAZURE M.	Cours d'algèbre : primalité, divisibilité, codes	CASSINI
DEMBO A. ZEITOUNI O.	Large deviations techniques and applications	SPRINGER
DESCOMBES R.	Éléments de théorie des nombres	PUF
DESCHAMPS WARUSFEL MOULIN, RUAUD MIQUEL, SIFRE	Mathématiques, cours et exercices corrigés <ul style="list-style-type: none"> • 1ère année MPSI, PCSI, PTSI • 2ème année MP, PC, PSI 	DUNOD
DEVANZ ELHODAIBI	Exercices corrigés de Mathématiques posés à l'oral des Ensi, Tome 2	ELLIPSES
DIEUDONNÉ J.	Algèbre linéaire et géométrie élémentaire	HERMANN
DIEUDONNÉ J.	Calcul infinitésimal	HERMANN
DIEUDONNÉ J.	Sur les groupes classiques	HERMANN
DIEUDONNÉ J.	Éléments d'Analyse. <ul style="list-style-type: none"> • Fondements de l'analyse moderne • Éléments d'Analyse Tome 2. 	GAUTHIER- VILLARS

DIXMIER J.	Cours de Mathématiques du premier cycle <ul style="list-style-type: none"> • Première année • Deuxième année 	GAUTHIER-VILLARS
DRAPPER N. SCHMITH H.	Applied regression analysis	WILEY
DUBUC S.	Géométrie plane	PUF
DYM H. Mac KEAN H.P.	Fouriers series and integrals	ACADEMICS PRESS
EL KACIMI ALAOUI A. QUEFFÉLEC H. SACRÉ C. VASSALLO V.	Quelques aspects des mathématiques actuelles	ELLIPSES
EPISTEMON L. (OVAERT J.L. VERLEY J.L.)	Exercices et problèmes <ul style="list-style-type: none"> • Analyse. Volume 1 • Algèbre. 	CÉDIC/NATHAN
EXBRAYAT J.M. MAZET P.	Notions modernes de mathématiques <ul style="list-style-type: none"> • Algèbre 1 : Notions fondamentales de la théorie des ensembles • Analyse 1 : Construction des espaces fondamentaux de l'analyse • Analyse 2 : Éléments de topologie générale 	HATIER
FADDEEV D. SOMINSKI I.	Recueil d'exercices d'Algèbre Supérieure	MIR
FAIRBANK X. BEEF C.	POX - Exercices posés au petit oral de l'X	ELLIPSES
FARAUT J. KHALILI E.	Arithmétique Cours, Exercices et Travaux Pratiques sur Micro-Ordinateur	ELLIPSES
FELLER W.	An introduction to probability theory and its applications <ul style="list-style-type: none"> • Volume 1 • Volume 2 	JOHN WILEY
FERRIER J.P.	Mathématiques pour la licence	MASSON

FLORY G.	Exercices de topologie et analyse avec solutions <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 - Topologie • Tome 2 - Fonctions d'une variable réelle • Tome 3 - Fonctions différentiables, intégrales multiples • Tome 4 - Séries, équations différentielles 	VUIBERT
FRANCHINI J. JACQUENS J-C.	Mathématiques Spéciales <ul style="list-style-type: none"> • Algèbre • Analyse 1 • Analyse 2 	ELLIPSES
FRANCINOUS. GIANELLA H. NICOLAS S.	Exercices de mathématiques Oraux X-ens Algèbre 1	CASSINI
FRANCINOUS. GIANELLA H.	Exercices de Mathématiques Algèbre 1	MASSON
FRENKEL J.	Géométrie pour l'élève et le professeur	HERMANN
FRESNEL J.	Géométrie algébrique	UFR MATHS BORDEAUX
FRESNEL J.	Géométrie	IREM DE BORDEAUX
FRESNEL J.	Anneaux	HERMANN
FRESNEL J.	Groupes	HERMANN
FRESNEL J.	Méthodes modernes en géométrie	HERMANN
FUHRMANN P.	A polynomial approach to linear algebra	SPRINGER
GABRIEL P.	Matrices, géométrie, algèbre linéaire	CASSINI
GANTMACHER F.R.	Théorie des matrices <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 • Tome 2 	DUNOD

GENET J.	Mesure et intégration. Théorie élémentaire. Cours et exercices résolus	VUIBERT
GHIDAGLIA J.M.	Petits problèmes d'analyse	SPRINGER
GOBLOT R.	Algèbre commutative	MASSON
GODEMENT R.	Analyse <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 • Tome 2 • Tome 3 	SPRINGER
GODEMENT R.	Cours d'Algèbre	HERMANN
GOLUB G.H. VAN LOAN C.F.	Matrix computations	WILEY
GONNORD S. TOSEL N.	Thèmes d'Analyse pour l'agrégation I Topologie et Analyse fonctionnelle	ELLIPSES
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 - Algèbre • Tome 2 - Topologie et analyse réelle • Tome 3 - Analyse fonctionnelle et calcul différentiel • Tome 4 - Géométrie affine et métrique • Tome 5 - Géométrie : arcs et nappes 	PUF
GOURDON X.	Les maths en tête, mathématiques pour M' <ul style="list-style-type: none"> • Algèbre • Analyse 	ELLIPSES
GRAMAIN A.	Géométrie élémentaire	HERMANN
GRAMAIN A.	Intégration	HERMANN
GREUB W.	Linear Algebra	SPRINGER VERLAG
GRIMMET G. WELSH D.	Probability (an introduction)	OXFORD

GUJARATI D. N.	Basic Econometrics	WILEY
HABSIEGER L. MARTEL V.	Exercices corrigés posés à l'oral des ENSI Tome 1 Analyse	ELLIPSES
HALMOS P.	Problèmes de mathématiciens petits et grands	CASSINI
HAMMAD P.	Cours de probabilités	CUJAS
HAMMAD P. TARANCO A.	Exercices de probabilités	CUJAS
HAMMER HOCKS KULISH RATZ	C++ toolbox for verified computing	SPRINGER
HARDY G.H. WRIGH E.M.	An introduction to the theory of numbers	OXFORD
HENNEQUIN P.L. TORTRAT A.	Théorie des probabilités et quelques applications	MASSON
HENRICI P.	Applied and Computational Complex Analysis • Volume 1 • Volume 2 • Volume 3	WILEY- INTERSCIENCE
HERVE M.	Les fonctions analytiques	PUF
HIRSCH F. LACOMBE G.	Eléments d'analyse fonctionnelle	MASSON
HOUZEL C.	Analyse mathématique : cours et exercices	BELIN
IRELAND K. ROSEN M.	A Classical Introduction to Modern Numbers Theory	SPRINGER VERLAG
ITARD J.	Les nombres premiers	QUE SAIS-JE ? PUF

JACOBSON N.	Basic Algebra • Tome I • Tome II	FREEMAN AND CO
KAHANE J.P. GILLES P.	Séries de Fourier et ondelettes	CASSINI
KATZNELSON Y.	An Introduction to Harmonic Analysis	DOVER
KERBRAT Y. BRAEMER J-M.	Géométrie des courbes et des surfaces	HERMANN
KNUTH D.E.	The art of computer programming • Volume 1 : Fundamental algorithms • Volume 2 : Seminumerical algorithms • Volume 3 : Sorting and Searching	ADDISON- WESLEY
KOLMOGOROV A. FOMINE S.	Eléments de la théorie des fonctions et de l'analyse fonctionnelle	ELLIPSES
KÖRNER T.W.	Fourier analysis	CAMBRIDGE
KÖRNER T.W.	Exercises for Fourier analysis	CAMBRIDGE
KREE P.	Introduction aux Mathématiques et à leurs applications fondamentales M.P.2	DUNOD
KRIVINE J.L.	Théorie axiomatique des ensembles	PUF
KRIVINE J.L.	Théorie des ensembles	CASSINI
LAAMRI E. H.	Mesures, intégration et transformée de Fourier des fonctions	DUNOD
LAFONTAINE J.	Introduction aux variétés différentielles	PUF
LANG S.	Algèbre linéaire • Tome 1 • Tome 2	INTEREDITIONS

LANG S.	Algebra	ADDISON- WESLEY
LANG S.	Linear Algebra	ADDISON- WESLEY
LAVILLE	Géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	ELLIPSES
LAX D.	Linear Algebra	WILEY
LE BRIS G.	Maple Sugar : une initiation progressive à Maple	CASSINI
LEBŒUF C. GUEGAND J. ROQUE J.L. LANDRY P.	Exercices corrigés de probabilités	ELLIPSES
LEBORGNE D.	Calcul différentiel et géométrie	PUF
LEBOSSÉ C. HÉMERY C.	Géométrie. Classe de Mathématiques	JACQUES GABAY
LEHMANN D. SACRÉ C.	Géométrie et topologie des surfaces	PUF
LEHNING H. JAKUBOWICZ D.	Mathématiques supérieures et spéciales 2 : Dérivation	MASSON
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 : Topologie • Tome 3 : Intégration et sommation • Tome 4 : Analyse en dimension finie • Tome 5 : Analyse fonctionnelle 	MASSON
LEICHTNAM E. SCHAUER X.	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS <ul style="list-style-type: none"> • Tome I - Algèbre 1 • Tome 2 - Algèbre et géométrie • Tome 3 - Analyse 1 • Tome 4 - Analyse 2 	ELLIPSES

LELONG-FERRAND J. ARNAUDIES J.M.	Cours de Mathématiques <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 pour M-M' : Algèbre • Tome 1 pour A-A'' : Algèbre • Tome 2 : Analyse • Tome 3 : Géométrie et cinématique • Tome 4 : Equations différentielles, intégrales multiples 	DUNOD
LELONG-FERRAND J.	Géométrie différentielle	MASSON
LELONG-FERRAND J.	Les fondements de la géométrie	PUF
LESIEUR L. MEYER Y. JOULAIN C. LEFEBVRE J.	Algèbre linéaire, géométrie	ARMAND COLIN
MAC LANE S. BIRKHOFF G.	Algèbre <ul style="list-style-type: none"> • 1 : Structures fondamentales • 2 : Les grands théorèmes 	GAUTHIER- VILLARS
MACKI J. STRAUSS A.	Introduction to optimal control theory	SPRINGER
MALLIAVIN M. P.	Les groupes finis et leurs représentations complexes	MASSON
MALLIAVIN P.	Géométrie différentielle intrinsèque	HERMANN
Manuels Matlab	<ul style="list-style-type: none"> • Using Matlab version 5 • Using Matlab version 6 • Statistics Toolbox 	
MARCE S. DEVAL-GUILLY E.	Problèmes corrigés des ENSI	ELLIPSES
MASCART H. STOKA M.	Fonctions d'une variable réelle <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 : Exercices et corrigés • Tome 2 : Exercices et corrigés • Tome 3 : Exercices et corrigés • Tome 4 : Exercices et corrigés 	PUF
MAWHIN J.	Analyse : fondements, technique, évolutions	DE BOECK UNIVERSITÉ

MAZET P.	Algèbre et géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	ELLIPSES
MERKIN D.	Introduction to the theory of stability	SPRINGER
MÉTIVIER M.	Notions fondamentales de la théorie des probabilités	DUNOD
MÉTIVIER M.	Probabilités : dix leçons d'introduction . École Polytechnique	ELLIPSES
MIGNOTTE M.	Mathématiques pour le calcul formel	PUF
MNEIMNÉ R.	Eléments de géométrie : action de groupes	CASSINI
MNEIMNÉ R. TESTARD F.	Introduction à la théorie des groupes de Lie classiques	HERMANN
MOISAN J. VERNOTTE A. TOSEL N.	Exercices corrigés de mathématiques spéciales Analyse : suites et séries de fonctions	ELLIPSES
MOISAN J. VERNOTTE A.	Exercices corrigés de mathématiques spéciales Analyse : topologie et séries	ELLIPSES
MONIER J.M.	Cours de mathématiques <ul style="list-style-type: none"> • Analyse 1 MPSI, PCSI, PTSI • Analyse 2 MPSI, PCSI, PTSI • Analyse 3 MP, PSI, PC, PT • Analyse 4 MP, PSI, PC, PT • Algèbre 1 MPSI, PCSI, PTSI • Algèbre 2 MP, PSI, PC, PT • Exercices d'analyse MPSI • Exercices d'analyse MP • Exercice d'algèbre et géométrie MPSI • Exercice d'algèbre et géométrie MP 	DUNOD
MUTAFIAN C.	Le défi algébrique <ul style="list-style-type: none"> • Tome 1 • Tome 2 	VUIBERT

NAUDIN P. QUITTE C.	Algorithmique algébrique avec exercices corrigés	MASSON
NEVEU J.	Base mathématique du calcul des probabilités	MASSON
NIVEN I.	Irrational numbers	MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA
NORRIS J.R.	Markov chains	CAMBRIDGE
OPREA J.	Differential geometry	PRENTICE HALL
OUVRARD J.Y.	<ul style="list-style-type: none"> • Probabilités 1 • Probabilités 2 	CASSINI
PAPINI O. WOLFMANN J.	Algèbre discrète et codes correcteurs	SPRINGER
PEDOE D.	Geometry- A comprehensive course	DOVER
PERKO L.	Differential equation and dynamical systems	SPRINGER
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	ELLIPSES
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	ENSJF
PERRIN D.	Géométrie algébrique - Une introduction	INTERÉDITIONS/ CNRS ÉDITIONS
PERRIN-RIOU B.	Algèbre, arithmétique et MAPLE	CASSINI
PÓLYA G. SZEGÖ G.	Problems and Theorems in Analysis <ul style="list-style-type: none"> • Volume I • Volume II 	SPRINGER VERLAG

POMMELLET A.	Agrégation de Mathématiques. Cours d'Analyse	ELLIPSES
RALSTON A. RABINOWITCH P	A first course in numerical analysis	INTERNATINAL STUDENT EDITION
RAMIS E. DESCHAMPS C. ODOUX J.	Cours de Mathématiques spéciales <ul style="list-style-type: none"> • 1- Algèbre • 2- Algèbre et applications à la géométrie • 3- Topologie et éléments d'analyse • 4- Séries et équations différentielles • 5- Applications de l'analyse à la géométrie 	MASSON
RAMIS E. DESCHAMPS C. ODOUX J.	Exercices avec solutions <ul style="list-style-type: none"> • Algèbre • Analyse 1 • Analyse 2 	MASSON
RAO C.R.	Linear statistical inference and its application	WILEY
RIDEAU F.	Exercices de calcul différentiel	HERMANN
RIESZ F. NAGY SZ. B.	Leçons d'analyse fonctionnelle	GAUTHIER- VILLARS
RIO E.	Théorie asymptotique des processus aléatoires faiblement dépendants	SPRINGER
ROLLAND R.	Théorie des séries 2- Séries entières	CÉDIC/NATHAN
ROMBALDI J.E.	Thèmes pour l'agrégation de mathématiques	EDP SCIENCES
ROMBALDI J.E.	Analyse matricielle	EDP SCIENCES
ROUVIÈRE F.	Petit guide de calcul différentiel à l'usage de la licence et de l'agrégation	CASSINI

RUAUD J.F. WARUSFEL A.	Exercices de Mathématiques Algèbre 3	MASSON
RUDIN W.	Analyse réelle et complexe	MASSON
RUDIN W.	Functional analysis	MC GRAW HILL
RUDIN W.	Real and complex analysis	MC GRAW HILL
SAKS S. ZYGMUND A.	Fonctions analytiques	MASSON
SAMUEL P.	Géométrie projective	PUF
SAMUEL P.	Théorie algébrique des nombres	HERMANN
SAUVAGEOT F.	Petits problèmes de géométrie et d'algèbre	SPRINGER
SAUX PICARD P.	Cours de calcul formel - Algorithmes fondamentaux	ELLIPSES
SCHWARTZ L.	Analyse <ul style="list-style-type: none"> • I Topologie générale et analyse fonctionnelle • II Calcul différentiel et équations différentielles 	HERMANN
SCHWARTZ L.	Cours d'Analyse	HERMANN
SCHWARTZ L.	Méthodes Mathématiques pour les sciences physiques	HERMANN
SEDGEWICK R.	Algorithms	ADDISON WESLEY
SELBERHERR S. STIPPEL H. STRASSER E.	Simulation of semi-conductor devices and processes	SPRINGER

SERRE J.P.	Cours d'arithmétique	PUF
SERVIEN Cl.	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse 1 • Analyse 3 • Analyse 4 	ELLIPSES
SIDLER J.C.	Géométrie Projective	DUNOD
SKANDALIS G.	Topologie et analyse	DUNOD
STANLEY R.P.	Enumerative combinatorics Volume I	WADDWORTH AND BROOKS
STEWART I.	Galois theory	CHAPMAN AND HALL
SZPIRGLAS A.	Exercices d'algèbre	CASSINI
TAUVEL P.	Cours de Géométrie	DUNOD
TAUVEL P.	Mathématiques générales pour l'agrégation	MASSON
TAUVEL P.	Exercices de mathématiques pour l'agrégation Algèbre 2	MASSON
TENENBAUM G.	Exercices corrigés de théorie analytique et probabiliste des nombres T 2	S. M. F.
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres T 1	S. M. F.
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres	INSTITUT ELIE CARTAN
TENENBAUM G. MENDÈS-FRANCE M.	Les nombres premiers	QUE SAIS-JE ? PUF
TISSIER A.	Mathématiques générales : exercices avec solutions	BRÉAL

TITCHMARSH E.C.	The theory of functions	OXFORD
TORTRAT A.	Calcul des probabilités et introduction aux processus aléatoires	MASSON
TRUFFAULT B.	Exercices de géométrie élémentaires	IREM DES PAYS DE LOIRE
VALIRON G.	Cours d'analyse mathématique <ul style="list-style-type: none"> • I Théorie des fonctions • II Équations fonctionnelles - Applications 	MASSON
VAUTHIER J. PRAT J-J.	Cours d'Analyse Mathématique de l'Agrégation	MASSON
VEIGNEAU S.	Approche impérative et fonctionnelle de l'algorithmique	SPRINGER
WAGSCHAL C.	Fonctions holomorphes Équations différentielles	HERMANN
WARUSFEL A.	Structures algébriques finies	CLASSIQUES HACHETTE
WHITTAKER E.T. WATSON G.N.	A course of modern analysis	CAMBRIDGE
WILF H.	Generatingfunctionology	ACADEMIC PRESS
YALE P.B.	Geometry and Symmetry	DOVER
YOUNG D.M. GREGORY R.T.	A survey of numerical mathematics	DOVER
ZÉMOR G.	Cours de cryptographie	CASSINI
ZUILY Cl. QUEFFELEC H.	Éléments d'analyse pour l'agrégation	MASSON