Concours : **AGRÉGATION INTERNE et CAERPA**

Section : Mathématiques

Session 2017

Rapport de jury présenté par : Erick ROSER

Président du jury

Table des matières

Chapitre 1

Généralités et statistiques

1.1 Déroulement de la session 2017

Les épreuves écrites ont eu lieu les 26 et 27 janvier 2017, la liste d'admissibilité a été signée le 6 mars 2017 avec :
- agrégation interne : 329 admissibles ;
- CAERPA : 47 admissibles.

Les épreuves orales se sont déroulées du 1$^{\text{er}}$ au 12 avril 2017, à l'université Paris Diderot-Paris 7, bâtiment Sophie Germain, à Paris 13ème.

La liste d'admission a été signée le 13 avril 2017 avec l'inscription de :
- agrégation interne : 155 admis ;
- CAERPA : 16 admis.

Tous les postes mis au concours de l'agrégation interne et du CAERPA ont été pourvus.

1.2 Préparation des candidats

La plupart des candidats admissibles aussi bien à l'agrégation interne qu'au CAERPA ont montré un niveau de préparation satisfaisant.

Nombreux sont ceux qui se préparent sur plusieurs années, ce qui est tout à fait raisonnable compte tenu du niveau d'exigence du concours et de la charge de travail que cela suppose. On observe ainsi que :

- 49 % des présents à la session 2017 avaient déjà participé aux épreuves écrites de la session 2016, soit 754 candidats ;
- 61 % des admissibles de la présente session étaient déjà candidats l'an dernier (présents à l'écrit), soit 233 candidats parmi lesquels 93 ont été admis ;
- sur les 376 admissibles de la session 2017, 133 avaient été admissibles à la session 2016 (parmi lesquels 63 ont été admis).

1.3 Évolution des concours

Agrégation interne

Année	Postes	Inscrits	Présents Écrit	Admissibles	Admis
1996	246	2249	1150	441	246
1997	200	2113	1084	436	200
1998	200	2083	1071	432	200
1999	168	1690	1162	436	168
2000	130	1868	1257	327	130
2001	129	1944	1419	289	125
2002	129	1845	1400	288	129
2003	130	1842	1479	288	130
2004	130	1813	1382	287	130
2005	138	1897	1401	311	138
2006	110	2172	1599	273	110
2007	107	2198	1627	267	107
2008	107	2195	1682	257	107
2009	107	2124	1559	258	107
2010	114	2229	1426	267	114
2011	116	2442	1359	263	116
2012	125	2324	1589	281	125
2013	135	2266	1510	303	135
2014	130	2290	1495	302	130
2015	145	2317	1501	332	145
2016	148	2299	1510	333	148
2017	155	2248	1349	329	155

CAERPA

Année	Contrats	Inscrits	Présents Écrit	Admissibles	Admis
1996	39	375	176	64	39
1997	32	379	181	58	32
1998	28	372	169	61	28
1999	27	328	225	64	26
2000	27	359	246	46	24
2001	25	383	268	35	18
2002	23	326	229	22	10
2003	20	325	258	27	15
2004	24	311	241	21	9
2005	19	297	211	27	12
2006	19	329	240	18	13
2007	20	319	221	11	5
2008	15	356	258	22	11
2009	14	305	212	26	12
2010	12	346	207	17	8
2011	11	427	213	19	11
2012	13	350	228	29	13
2013	18	320	201	35	18
2014	19	317	217	32	14
2015	20	322	203	34	12
2016	13	335	214	35	13
2017	16	338	200	47	16

1.4 Statistiques

1.4.1 Répartition hommes-femmes

Pour l'ensemble des deux concours, on note une très forte augmentation, par rapport à l'an dernier, de la proportion de femmes parmi les admissibles (33,8% en 2017 contre 26,8% en 2016) et parmi les admis (39,8% contre 30,4%) alors que le pourcentage de femmes présentes à l'écrit est resté relativement stable (38,3% contre 37,6%).

	Agrégation interne			CAERPA		
	Femmes	Hommes	Total	Femmes	Hommes	Total
Inscrits	786	1462	2248	135	203	338
Présents	506	843	1349	87	113	200
Admissibles	112	217	329	15	32	47
Admis	61	94	155	7	9	16

1.4.2 Répartition par âge et profession

Pour l'ensemble des deux concours, l'âge moyen des candidats est de 41 ans (39 ans pour les femmes et 42 ans pour les hommes). Les admissibles ont également 41 ans en moyenne (39,6 ans pour les femmes et 41,8 ans pour les hommes). Les admis sont d'un an plus jeunes, soit 39,9 ans en moyenne (38,7 ans pour les femmes et 40,7 pour les hommes). Les concours internes de l'agrégation s'adressent donc pour une grande part à des professeurs confirmés dans leur carrière ainsi que l'attestent les tableaux suivants :

Ensemble des deux concours

Âge	minimum	1er quartile	médiane	3e quartile	maximum
Présents	26.9	34.8	40.5	45.8	65.2
Femmes	26.9	33.8	39.2	43.9	61.9
Hommes	27.4	35.7	41.7	47.5	65.2
Admissibles	26.9	36.3	41.2	45.2	58.7
Admis	26.9	35.7	39.5	43.9	56.1

Agrégation interne

Tranches d'âge	Inscrits	Présents	admissibles	Admis
Moins de 30 ans	129	73	10	2
Entre 30 et 35 ans	458	282	64	33
Entre 35 et 40 ans	517	290	68	45
Entre 40 et 45 ans	489	320	101	44
Entre 45 et 50 ans	349	211	57	22
Entre 50 et 55 ans	203	117	24	8
Supérieur à 55 ans	103	56	5	1
Total	2248	1349	329	155

Professions	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
CERTIFIE	1942	1230	314	151
PLP	91	45	4	0
PROFESSEUR ECOLES	27	10	3	1
ENSEIG TIT FONCT PUBLI	66	38	4	2
AUTRES	122	26	4	1
Total	2248	1349	329	155

CAERPA

Tranches d'âge	Inscrits	Présents	admissibles	Admis
Moins de 30 ans	29	12	1	1
Entre 30 et 35 ans	58	34	6	5
Entre 35 et 40 ans	74	48	13	4
Entre 40 et 45 ans	67	44	15	3
Entre 45 et 50 ans	56	32	8	2
Entre 50 et 55 ans	32	20	3	1
Supérieur à 55 ans	22	10	1	0
Total	338	200	47	16

Professions	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
CERTIFIE	1942	1230	314	151
PLP	91	45	4	0
PROFESSEUR ECOLES	27	10	3	1
ENSEIG TIT FONCT PUBLI	66	38	4	2
AUTRES	122	26	4	1
Total	2248	1349	329	155

1.4.3 Répartition par académie

Agrégation interne

Académies	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
AIX-MARSEILLE	106	64	19	7
AMIENS	63	46	11	4
BESANCON	37	25	5	1
BORDEAUX	77	55	14	8
CAEN	43	23	7	3
CLERMONT-FERRAND	45	32	8	5
CORSE	14	7	3	1
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	476	290	76	42
DIJON	41	19	4	2
GRENOBLE	98	54	11	6
GUADELOUPE	42	23	6	2
GUYANE	14	5	1	0
LA REUNION	67	29	6	1
LILLE	133	90	14	7
LIMOGES	21	16	4	2
LYON	114	76	26	17
MARTINIQUE	40	16	4	0
MAYOTTE	18	13	3	1
MONTPELLIER	95	59	10	3
NANCY-METZ	78	52	10	4
NANTES	62	41	11	5
NICE	108	52	11	5
NOUVELLE CALEDONIE	12	2	1	0
ORLEANS-TOURS	76	46	11	6
POITIERS	57	15	6	3
POLYNESIE FRANCAISE	7	6	2	1
REIMS	37	19	10	6
RENNES	64	42	7	5
ROUEN	52	36	6	3
STRASBOURG	58	34	8	1
TOULOUSE	93	62	14	4
Total	2248	1349	329	155

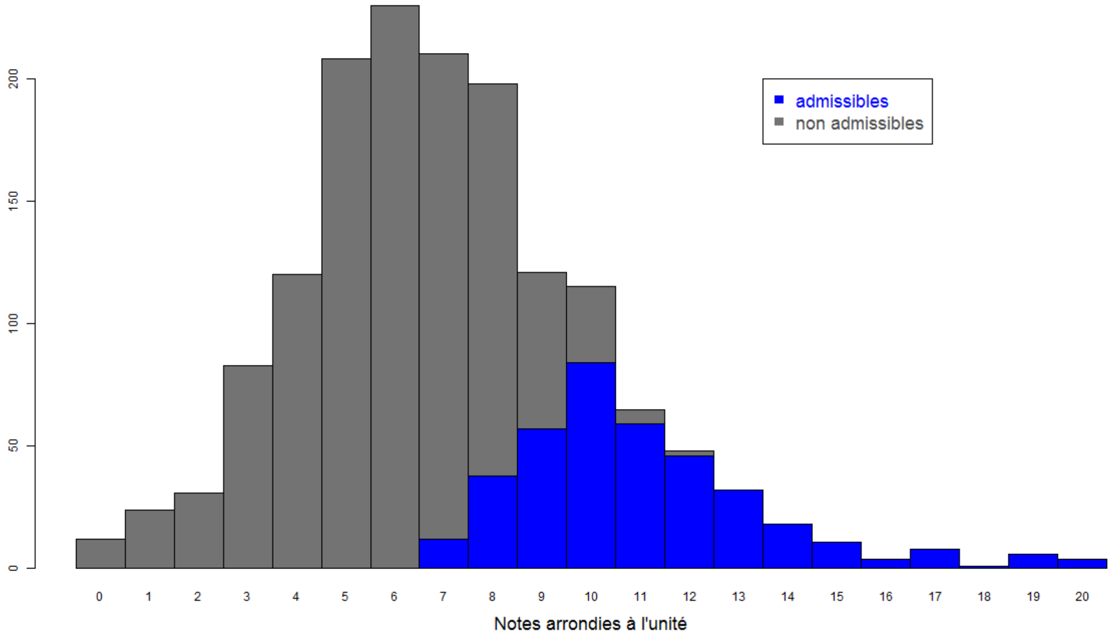
CAERPA

Académies	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
AIX-MARSEILLE	18	6	2	0
AMIENS	9	5	0	0
BESANCON	3	2	0	0
BORDEAUX	12	7	2	0
CAEN	5	4	1	0
CLERMONT-FERRAND	6	5	0	0
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	64	42	10	4
DIJON	5	3	0	0
GRENOBLE	11	8	2	1
GUADELOUPE	3	1	0	0
GUYANE	2	0	0	0
LA REUNION	5	2	1	0
LILLE	26	21	5	2
LIMOGES	2	0	0	0
LYON	22	15	7	2
MARTINIQUE	2	2	0	0
MAYOTTE	1	0	0	0
MONTPELLIER	9	4	1	0
NANCY-METZ	9	6	2	2
NANTES	21	13	1	1
NICE	11	3	0	0
NOUVELLE CALEDONIE	2	2	0	0
ORLEANS-TOURS	5	1	0	0
POITIERS	11	7	1	0
POLYNESIE FRANCAISE	6	2	0	0
REIMS	4	2	0	0
RENNES	25	14	5	2
ROUEN	9	6	2	0
STRASBOURG	9	6	2	1
TOULOUSE	21	11	3	1
Total	338	200	47	16

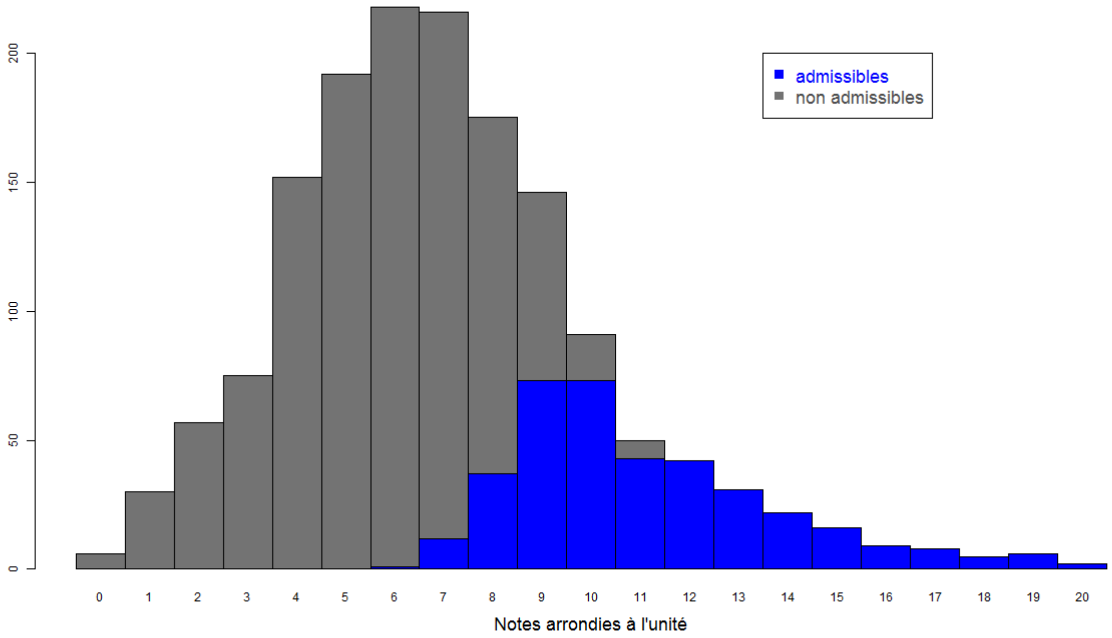
1.4.4 Répartition des notes d'écrit

La barre d'admissibilité a été fixée à 89 points sur 200 (identique pour les deux concours). Le nombre d'admissibles au CAERPA a été proportionnellement plus élevé (si on rapporte le nombre d'admissibles au nombre de postes de chaque concours).

Histogramme des notes attribuées à l'épreuve 1

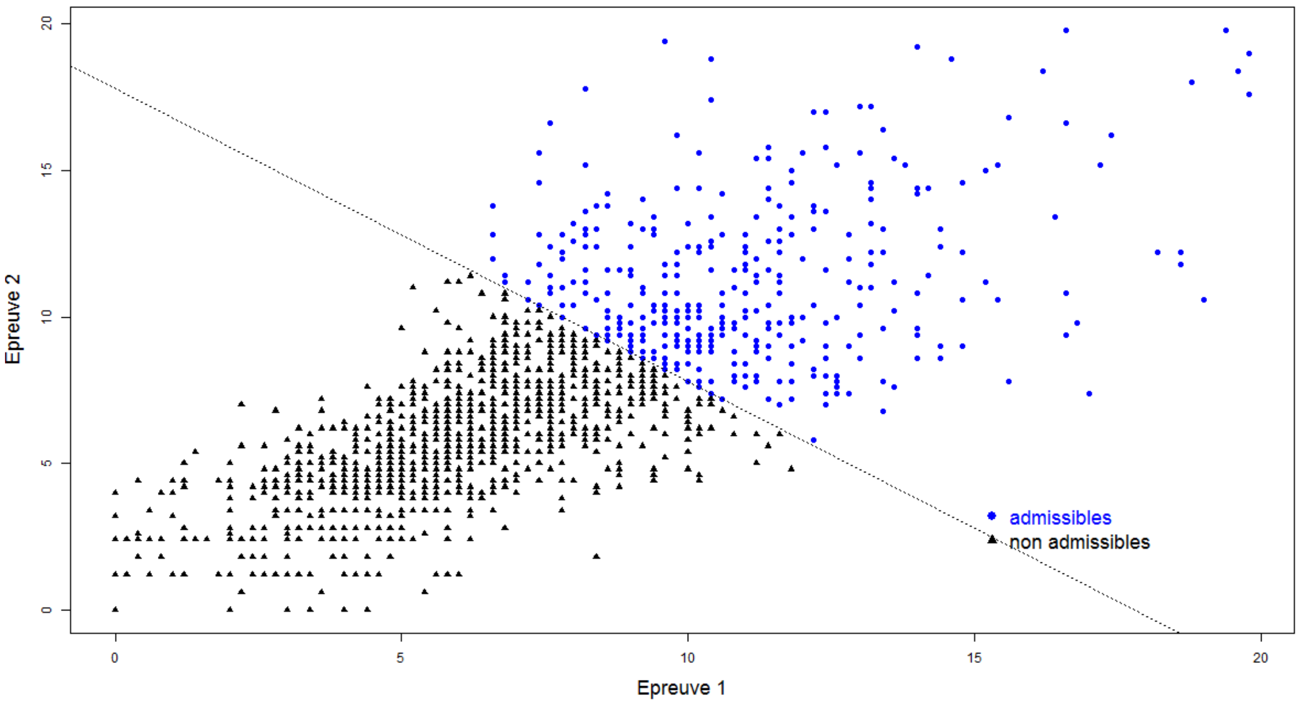


Histogrammes des notes attribuées à l'épreuve 2



Nuage des notes d'écrit

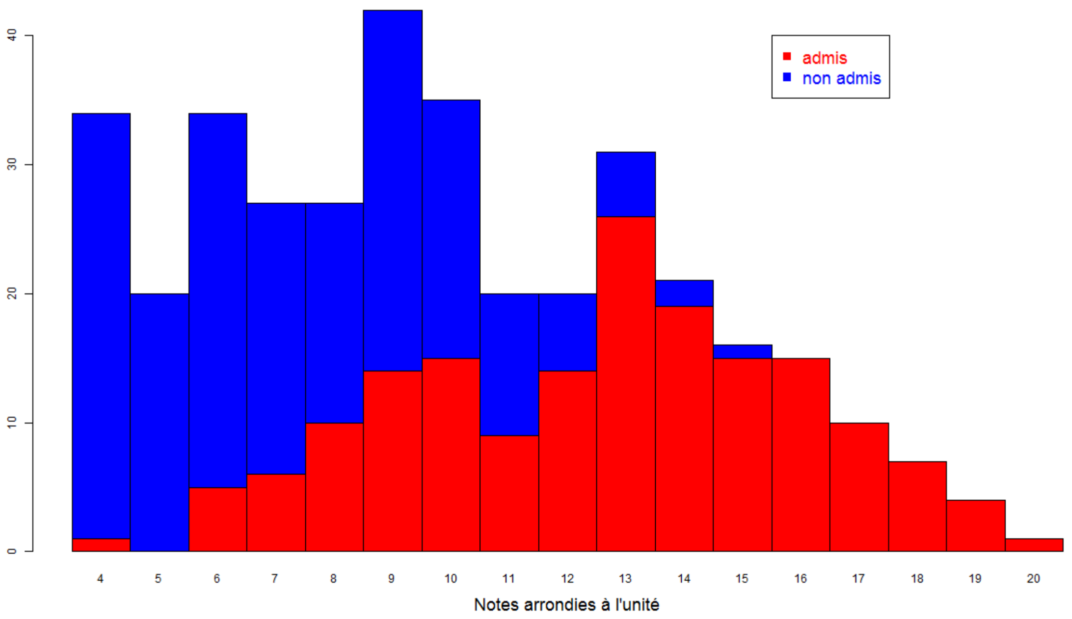
Chaque candidat présent à l'écrit est repéré par le couple des notes qu'il a obtenues respectivement aux épreuves 1 et 2.



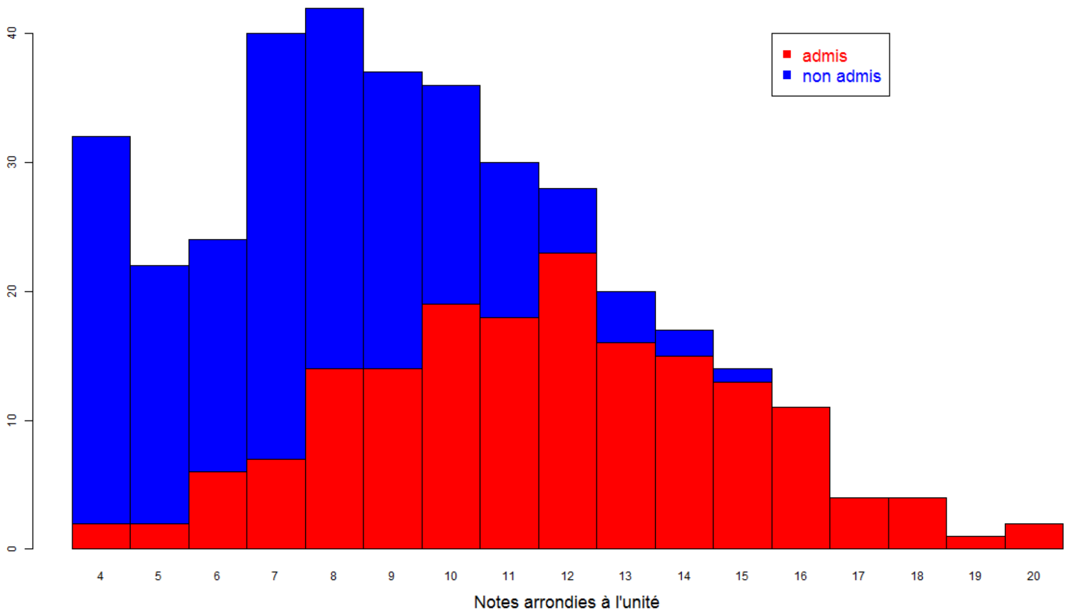
1.4.5 Répartition des notes d'oral

La barre d'admission (c'est-à-dire le total des points du dernier admis) a été cette année de 204 points pour le concours de l'agrégation interne et de 223 points pour le CAERPA. Il faut souligner le bon niveau cette année des candidats au CAERPA ainsi qu'en témoigne la barre d'admission plus élevée pour ce concours.

Histogramme des notes attribuées à l'épreuve d'exposé

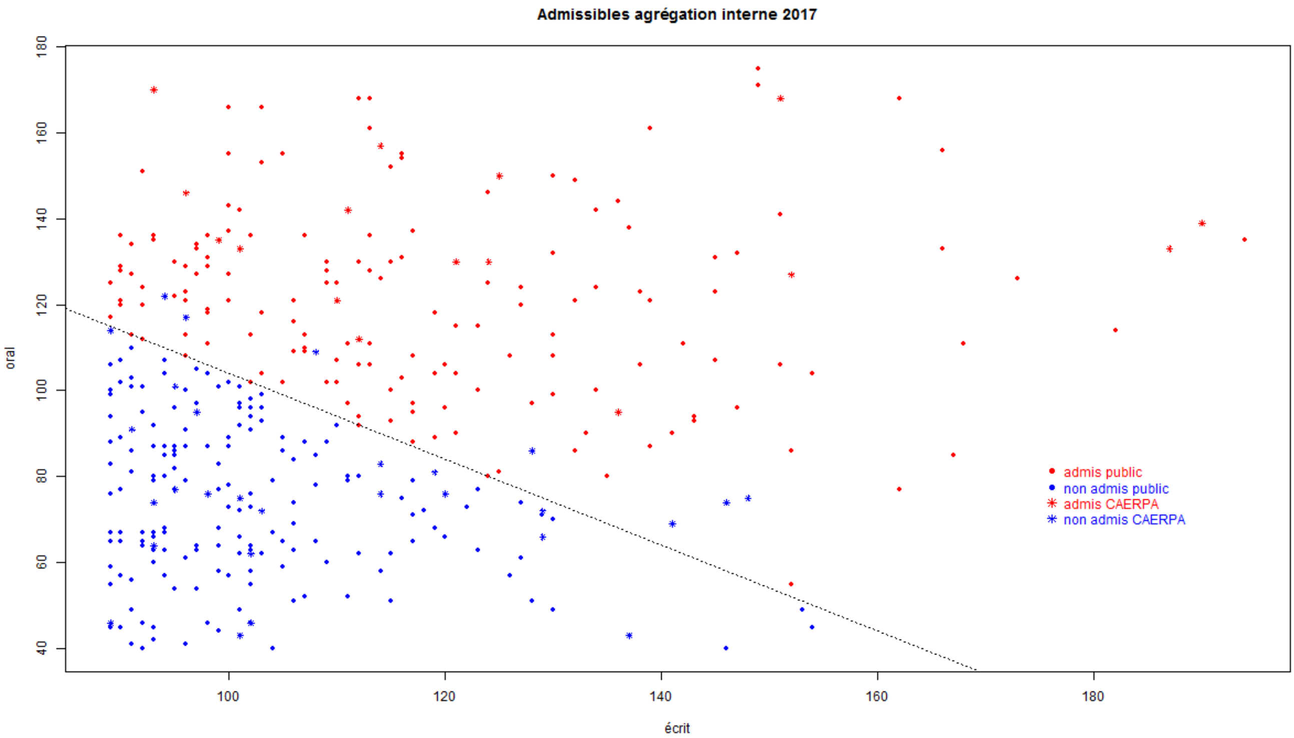


Histogrammes des notes attribuées à l'épreuve d'exemples et exercices



Nuage des notes d'écrit et d'oral

Chaque candidat présent à l'oral est repéré par le couple de notes obtenues respectivement à l'écrit et à l'oral (total de points des deux épreuves).



Chapitre 2

Programme du concours pour la session 2018

Le programme du concours pour la session **2018** est publié sur le site du ministère de l'Éducation nationale à l'adresse suivante :

http://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98492/les-programmes-des-concours-enseignants-second-degre-session-2018.html

Il n'a été que très peu modifié par rapport à celui de la session 2017 (ajout de la notion d'espace vectoriel quotient en section 5.1 et de la loi Gamma à un paramètre en section 13.4.2).

Par ailleurs, pour préciser le cadre des notions d'intervalles de confiance, le programme de la session **2019** intégrera un paragraphe sur l'estimation avec notamment :

- estimation ponctuelle (définition, estimateur sans biais, estimateur asymptotiquement sans biais, estimateur convergent, risque quadratique d'un estimateur) ;
- intervalle de confiance, intervalle de confiance asymptotique.

Outre le fait que ces notions figurent déjà dans les programmes des classes préparatoires de la voie économique et commerciale, il est nécessaire que les professeurs maîtrisent les fondements théoriques des concepts qu'ils enseignent, ce qui est le cas des statistiques qui ont pris de l'importance dans les programmes de lycée. Le jury a souhaité laisser du temps aux préparations et aux candidats pour travailler ce chapitre en reportant d'une année son inscription dans le programme du concours.

L'attention des candidats est particulièrement appelée sur le fait que la liste des logiciels mis à disposition est susceptible d'évoluer (consulter le site http://agrint.agreg.org/logiciels.html).

Chapitre 3

Rapport sur les épreuves écrites

L'arrêté définissant le concours dispose que les épreuves écrites « ont pour objectif d'évaluer la maîtrise des connaissances mathématiques et la capacité de les mobiliser pour étudier des situations, ainsi que la solidité, sur le plan scientifique, des acquis professionnels ».

Aussi, une bonne connaissance d'un minimum d'outils théoriques est-elle indispensable à la réussite de ces épreuves, ce qui suppose un travail de préparation visant la maîtrise des théorèmes fondamentaux et un entraînement à la résolution de problèmes afin d'acquérir des réflexes intellectuels.

Les correcteurs sont particulièrement attentifs à la clarté des raisonnements et à la précision des justifications. Lorsqu'un résultat est utilisé (théorème, propriété, etc.), il est important d'énoncer clairement les hypothèses à vérifier et la conclusion désirée. Ceci est d'autant plus vrai lorsque le candidat n'arrive pas à vérifier lesdites hypothèses car le correcteur peut au moins valoriser ses connaissances et sa capacité à reconnaître une situation. De manière générale, il est indispensable de justifier l'existence des objets mathématiques avant de les manipuler, comme par exemple les intégrales, les sommes de séries, les limites...

Il est attendu dans la rédaction les qualités exigibles d'un professeur de mathématiques, à savoir :

- la rigueur de l'argumentation. Par exemple, choisir de façon pertinente les articles utilisés (singulier ou pluriel, défini ou indéfini) ; identifier clairement le théorème invoqué ou le résultat d'une question précédente utilisé (des arguments comme « d'après le cours » ou « vu ce qui précède » sont trop vagues pour être suffisants) et en vérifier les hypothèses ; ne pas confondre une inégalité stricte avec une inégalité large, une inclusion avec une égalité, une bijection avec une injection, etc. ; vérifier, avant d'inverser un nombre ou une matrice, que cela est possible ;
- la maîtrise des techniques usuelles de démonstration : raisonnement par équivalence, raisonnement par analyse-synthèse, démonstration par récurrence, par l'absurde etc. ;
- la clarté de l'expression et la lisibilité de la présentation ainsi qu'une certaine attention à l'orthographe.

Il est aussi apprécié que les candidats expliquent leur démarche, concluent les questions et accompagnent, si c'est pertinent, leurs démonstrations de figures, schémas ou autres illustrations géométriques.

3.1 Première épreuve écrite

Le sujet est téléchargeable à l'adresse suivante :
http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg_interne/56/0/s2017_agreg_interne_math_1_705560.pdf

3.1.1 Présentation du sujet

Le problème porte sur le thème de la décomposition polaire d'une matrice inversible à coefficients réels ou complexes. Les préliminaires regroupent des résultats classiques et élémentaires, éventuellement utiles pour la suite. La partie I étudie les classes de similitudes des matrices involutives ($M^2 = I_n$). La partie II démontre le résultat classique suivant : la suite des puissances d'une matrice converge vers la matrice nulle si et seulement si son rayon spectral est strictement inférieur à 1. La partie III définit le *signe* d'un nombre complexe non imaginaire pur α comme le signe de sa partie réelle et on y démontre que la suite récurrente $u_{n+1} = \dfrac{1}{2}\left(u_n + \dfrac{1}{u_n}\right)$ de premier terme α converge vers ce signe. La partie IV étend ce résultat aux matrices n'ayant aucune valeur propre imaginaire pur. La partie V définit une racine carrée particulière d'une matrice n'ayant aucune valeur propre dans $\mathbf{R}^-$. Les parties VI et VII permettent de retrouver la décomposition polaire d'une matrice inversible M à coefficients respectivement réels et complexes, c'est-à-dire la décomposition comme produit d'une matrice orthogonale P (respectivement unitaire) et d'une matrice symétrique (respectivement hermitienne) définie positive S, et ceci de façon unique. On obtient la matrice orthogonale P qui convient comme solution d'un problème de minimisation, cette matrice P étant la matrice du groupe orthogonal (respectivement unitaire) la plus proche de la matrice M pour la distance euclidienne. La partie VI utilise les matrices de rotations planes et les matrices de réflexions pour justifier le résultat, alors que la partie VII utilise une argumentation basée sur du calcul différentiel.

3.1.2 Remarques générales

Le sujet était long mais de difficulté progressive ; il abordait plusieurs attendus du programme. Beaucoup de questions étaient abordables avec des connaissances relevant du niveau L1 ou L2. Néanmoins, très peu de copies dépassent de façon significative le début de la partie IV. Par maladresse dans le maniement des nombres complexes et méconnaissance de la théorie de la réduction des matrices et de l'algèbre bilinéaire, trop de temps est perdu dans des justifications laborieuses ou des calculs longs et inutiles. Des questions élémentaires sur les nombres complexes, le binôme de Newton ou encore la notion de bijection se sont révélées très discriminantes.

3.1.3 Commentaires par question

Préliminaires

1. Le plus simple est probablement d'invoquer qu'un nombre complexe a deux racines carrées opposées l'une de l'autre. Lorsque ce nombre n'est pas un nombre réel négatif, ses racines ne sont pas des imaginaires purs, donc l'une d'entre elles, et seulement une d'entre elles, est de partie réelle strictement positive. La forme polaire ($z = \rho e^{it}$) d'un nombre complexe permet aussi de résoudre la question facilement, à condition d'énoncer une caractérisation précise de l'argument : est-il dans un intervalle fixé ou est-il défini modulo 2π ? Le plus simple ici, compte tenu de l'hypothèse, était de le prendre dans $[-\pi, \pi[$. Les calculs faits directement sur l'écriture algébrique $z = a + ib$ sont plus fastidieux et nécessitent plus de précautions ; le raisonnement est plutôt par analyse-synthèse, la partie analyse justifiant l'unicité si existence, alors que seule la synthèse justifie l'existence.

2. **(a)** On pouvait mener un raisonnement algébrique (cette fois-ci plus simple en utilisant l'écriture algébrique) ou géométrique en remarquant que la médiatrice des points d'affixes respectives -1 et 1 est la droite $i\mathbf{R}$.

(b) S'il est facile de justifier que la fonction g réalise une bijection de $\mathbf{C} \setminus \{-1\}$ sur $\mathbf{C} \setminus \{1\}$, il faut aussi justifier l'égalité ensembliste $g(\mathcal{O}^+) = \mathcal{D}$, ce qui a été souvent oublié.

3. **(a)** Beaucoup de candidats peinent à justifier la positivité de la matrice ${}^tMM$.
Le plus simple est d'utiliser la forme quadratique sous-jacente, soit pour tout vecteur X, $||MX||^2 = {}^tX\,{}^tMMX$. Il n'est en tout cas pas raisonnable d'essayer d'obtenir la positivité des valeurs propres en utilisant uniquement le déterminant et la trace de la matrice, sauf dans les dimensions 1 et 2. Il n'est pas vrai non plus en toute généralité que les matrices M et ${}^tM$ ont les mêmes sous-espaces propres ni que les valeurs propres de ${}^tMM$ soient les carrés des valeurs propres de M (considérer par exemple le cas d'une matrice nilpotente).

(b) Beaucoup d'erreurs ont été commises sur le caractère euclidien d'une norme : les vérifications nécessaires se font sur le produit scalaire (forme bilinéaire symétrique définie positive) et on en déduit celles de la norme associée ; il n'y a pas lieu de se noyer dans la justification de l'inégalité triangulaire.

4. Distinguer le produit hermitien $(M, N) \to < M, N >= \mathrm{Tr}(\,N^*M)$, forme sesquilinéaire définie positive, de la norme qu'il définit.

Partie I

Les correcteurs ont constaté de nombreuses confusions entre matrices diagonales et diagonalisables.

5. **(a)** On peut directement utiliser le lemme des noyaux en ayant remarqué que le polynôme $X^2 - 1 = (X - 1)(X + 1)$ est annulateur et que les polynômes $X - 1$ et $X + 1$ sont premiers entre eux. Attention au fait que 1 et -1 ne sont pas toujours <u>les</u> valeurs propres de L, il est possible que $L = \pm I_n$, ce qui correspond aux cas où F ou G sont réduits à $\{0\}$.

(b) Question bien réussie, en utilisant le fait que les traces de deux matrices semblables sont égales.

6. **(a)** Question bien réussie, il s'agit simplement de la relation de similitude.

(b) S'il est toujours vrai que deux matrices semblables ont même trace, la réciproque est fausse en général. Ici, elle repose sur le fait que la trace d'une involution L détermine les dimensions des sous-espaces $F = \mathrm{Ker}\ (L - I_n)$ et $G = \mathrm{Ker}\ (L + I_n)$.

(c) La réduction d'une matrice involutive assure que sa trace est un entier compris entre $-n$ et n, d'où la finitude du nombre de classes d'équivalence. On en a exactement $(n + 1)$ (les valeurs possibles de la dimension du sous-espace $F = \mathrm{Ker}\ (L - I_n)$ sont $0, 1, ..., n$).

Partie II

7. **(a)** Il faut argumenter le caractère nilpotent de B mais aussi le fait que l'indice de nilpotence est inférieur ou égal à n. Les deux s'obtiennent grâce au théorème d'Hamilton-Cayley.

(b) On peut utiliser la formule du binôme en remarquant que les deux matrices commutent.

(c) Cette question a été très rarement correctement traitée. Il faut entre autres choses justifier qu'une suite de la forme $\left(\binom{\ell}{k}|\alpha|^{\ell}\right)_{(\ell\in\mathbf{N})}$ converge vers 0 lorsque ℓ tend vers $+\infty$. Il s'agit d'un argument de croissances comparées puisque $\left(|\alpha|^{\ell}\right)_{(\ell\in\mathbf{N})}$ est une suite géométrique qui converge vers 0, alors que la suite $\left(\binom{\ell}{k}\right)_{(\ell\in\mathbf{N})}$ converge vers $+\infty$, mais est une suite polynomiale.

8. Cette question a été très peu abordée. La décomposition en somme directe de sous-espaces caractéristiques permet de se ramener au cas où la matrice a une seule valeur propre.

Partie III

9. i convient.

10. L'étude d'une suite récurrente de ce type ne devrait pas poser de difficultés à un candidat à l'agrégation interne. Mais il faut faire attention à tout justifier et cela demande un peu d'organisation. On peut par symétrie se ramener au cas où $\alpha > 0$ et justifier qu'alors, au moins à partir du rang 1, la suite appartient à $[1, +\infty[$ et est décroissante, à l'aide du tableau de variation de la fonction. Il y a en fait quatre cas à distinguer selon que α est dans un intervalle $]-\infty, 1],]-1, 0[,]0, 1[, [1, +\infty[$. Attention à ne pas confondre la monotonie de la suite avec celle de la fonction.

11. **(a)** Cette question est dans l'ensemble correctement traitée.

(b) Le calcul algébrique est souvent fait mais la convergence ainsi que la détermination de la limite sont rarement abordées.

(c) Question de synthèse très rarement abordée.

Partie IV

Cette partie a montré que la diagonalisation et la trigonalisation sont souvent peu maîtrisées, avec des confusions surprenantes dans le vocabulaire et dans les critères utilisés (les matrices inversibles ne sont pas toutes diagonalisables, le polynôme caractéristique et le polynôme minimal d'une matrice sont des polynômes annulateurs de cette matrice et ont pour racines ses valeurs propres, mais pas avec les mêmes multiplicités en toute généralité...).

12. **(a)** Question rarement bien traitée, faute de rédaction précise.

(b) Beaucoup de candidats oublient que la limite d'une suite de matrices inversibles ne l'est pas nécessairement. De fait, toute matrice à coefficients réels ou complexes est une limite de matrices inversibles.

(c) Question très peu abordée. Il faut rappeler que la trace est une application continue.

13. La question a est abordée mais peu de candidats se rendent compte qu'elle n'est pas aussi directe que la question 12. Il faut argumenter le fait que le spectre de la matrice A^{-1} est l'ensemble des inverses du spectre de A. On peut l'obtenir en trigonalisant A par exemple, ce qui fournit une trigonalisation simultanée pour A et A^{-1} et donc une matrice triangulaire semblable à $\frac{1}{2}(A + A^{-1})$, ce qui permet de conclure. Les questions (b), (c) et (d) n'ont quasiment pas été abordées, comme le reste de cette partie.

Parties V, VI, VII

Les questions de ces trois parties ont été très rarement, voire jamais, abordées. Certains candidats ont reconnu la question 21 (racine carrée d'une matrice symétrique ou hermitienne définie positive) et l'ont traitée indépendamment des résultats précédents. De même pour la question 27a. L'étude de la compacité du groupe orthogonal dans la question 22 (puis du groupe unitaire dans la partie VII), ne peut se faire sans une définition correcte du groupe orthogonal. Il faut donc insister sur le fait que les matrices orthogonales ne sont pas <u>les</u> matrices de déterminant ± 1. On pourrait d'ailleurs vérifier facilement que le groupe spécial linéaire, groupe des matrices de déterminant 1, n'est pas compact en dimension supérieure ou égale à 2 ; ce qui montre aussi, si besoin est, que l'image réciproque d'un compact par une application continue n'est pas nécessairement compacte.

Il reste à signaler les deux résultats classiques suivants qui étaient utiles pour traiter la fin du problème :

- l'inverse d'une matrice inversible A est un polynôme en A (par exemple, en utilisant le théorème de Hamilton-Cayley) ;
- la limite d'une suite convergente de polynômes en A est un polynôme en A (un sous-espace vectoriel d'un espace vectoriel normé de dimension finie est fermé).

3.2 Seconde épreuve écrite

Le sujet est téléchargeable à l'adresse suivante :
http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg_interne/56/1/s2017_agreg_interne_math_2_705561.pdf

3.2.1 Présentation du sujet

La deuxième épreuve écrite porte sur la définition et l'étude d'une fonction elliptique du type de Weierstrass.

La fonction elliptique de Weierstrass, notée habituellement $\wp_{\omega_1,\omega_2}$, est un objet mathématique bien connu ($\wp$ est prononcé *pé*). C'est une fonction méromorphe sur $\mathbf{C}$, admettant deux périodes ω_1 et ω_2 et possédant des pôles, tous d'ordre 2, localisés sur $\omega_1\mathbf{Z} \times \omega_2\mathbf{Z}$.

Pour éviter le recours à la théorie des fonctions de la variable complexe, et afin d'obtenir des représentations en séries de Fourier selon les deux périodes, c'est en fait la fonction $\wp(z) = \alpha\wp_{2\pi,2i\pi}(z+\pi+i\pi)$ qui est finalement étudiée dans cette épreuve (α est une constante sans utilité ici).

La partie I a pour objectif de démontrer la formule de Poisson et de l'appliquer à un cas particulier utile par la suite.
La sommabilité n'étant pas au programme de l'agrégation interne, la partie II permet de mettre en place une version du théorème de Fubini sur $\mathbf{Z}^2$, suffisante pour les applications à venir.
Dans la partie III, on définit la fonction φ (qui sera plus tard $\wp$ à une constante additive près). C'est une fonction de la variable réelle, mais qui se prolonge naturellement sur l'axe imaginaire pur en une fonction $2i\pi$ périodique. On établit que φ est 2π-périodique à la question 13, ce qui permet d'appliquer la formule de Poisson à la question 15.
Une dernière transformation de la fonction φ permet d'obtenir une égalité étonnamment symétrique à la question 22, c'est l'objet de la partie IV.
L'introduction de $\wp$ repose essentiellement sur l'égalité de la question 22 qui permet de définir une fonction à la fois 2π et $2i\pi$-périodique. L'étude de $\wp$ et de sa représentation sous forme de série double où les pôles sont mis en évidence, à la manière de la définition de Weiertrass, fait l'objet de la partie V.

Bien qu'assez technique au premier abord, le sujet n'est pas de type calculatoire. Il permet de balayer les théorèmes d'analyse concernant la régularité des fonctions définies par une intégrale à paramètre ou par une série de fonctions, et les inversions entre divers signes de sommation et/ou d'intégration.
À noter que les débuts de parties, généralement plus abordables, permettent de poursuivre le sujet même lorsqu'il y a blocage sur une question d'une partie antérieure. De nombreux candidats ont su saisir cette opportunité.
Venons-en à quelques conseils et remarques, complétant ou confortant les rapports de jury précédents qu'il est utile de lire également.

3.2.2 Remarques générales

Il est à noter que beaucoup de candidats manquent d'efficacité dans le sens où les questions abordées sont trop peu nombreuses même si elles sont assez souvent bien rédigées et que peu de bêtises sont dites (ce qui est la preuve d'un travail de préparation sérieux).
Une bonne connaissance de quelques énoncés généraux et leur utilisation parfois simple sur des questions clés du problème pouvaient suffire à obtenir une note raisonnable.

Voici quelques exemples de théorèmes et définitions indispensables à la réussite de cette épreuve :

- définition d'une fonction intégrable, utilisation de la domination ;
- comparaison à une série ou une intégrale de Riemann ;
- définition des convergences uniforme et normale d'une série de fonctions ;
- définition des coefficients de Fourier d'une fonction 2π-périodique ;
- théorème de Dirichlet pour les séries de Fourier ;
- théorème de continuité ou de classe C^1 pour les intégrales à paramètre ;
- théorème de continuité ou de classe C^1 pour une série de fonctions ;
- théorème d'intégration terme à terme d'une série de fonctions sur un intervalle quelconque.

3.2.3 Commentaires par question

Il faut commencer par souligner que de bonnes, voire de très bonnes copies, ont su éviter les écueils listés ci-dessous. Les remarques qui suivent ont pour objectif de pointer quelques erreurs récurrentes trouvées dans certaines compositions.

Partie I : Analyse de Fourier

Q1. – Il est important, surtout au début de la copie, de rédiger les réponses de façon détaillée et concise. Par exemple pour cette première question :

La fonction f est continue sur $\mathbf{R}$, donc intégrable sur tout segment. Les dominations en $\pm\infty$ par $O(x^{-2})$ montrent que f est intégrable sur $\mathbf{R}_-$, $\mathbf{R}_+$ puis $\mathbf{R}$, par comparaison avec une intégrale de Riemann.
De même, à $y \in \mathbf{R}$ fixé, la fonction $h_y : x \mapsto f(x)\mathrm{e}^{-ixy}$ est continue sur $\mathbf{R}$. De plus, pour tout réel x, $|h_y(x)| = |f(x)|$ qui est intégrable ; h_y l'est aussi et $\hat{f}$ est définie sur $\mathbf{R}$.

Voici quelques écueils à éviter :

- affirmer que f est continue donc intégrable (sur $\mathbf{R}$) ;
- affirmer que $\lim\limits_{x\to+\infty} f(x) = 0$ donc f est intégrable ;
- écrire $\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{x^2}\mathrm{d}x$ sans se poser la question de l'existence de cet objet ou bien énoncer « $\dfrac{1}{x^2}$ est intégrable sur $\mathbf{R}$ » ;
- un candidat à l'agrégation doit maîtriser les dominations à l'aide d'intégrales de Riemann ;
- effectuer des calculs et/ou utiliser des inégalités avec $\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\mathrm{d}x$ alors qu'il s'agit de justifier l'existence de cet objet ;
- affirmer qu'un produit de fonctions intégrables est intégrable ;
- écrire $|f(x)\mathrm{e}^{-ixy}| < |f(x)|$ (inégalité stricte !) ;
- ne pas faire la distinction entre les notations de Landau o et O ;
- majorer $\left|\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\mathrm{e}^{-ixy}\mathrm{d}x\right|$ pour en déduire (faussement, de plus) l'existence de cette intégrale.

Q2.a. – Ici aussi, une rédaction longue est inutile. Pour x fixé, on utilise simplement la convergence de la série de Riemann de référence. À noter un mauvais usage des inégalités : la seule indication $f(x+2n\pi) \leqslant a/n^2$ ne suffit pas. De même on trouve trop souvent la confusion entre convergence absolue de $\sum u_n$ et convergence de la suite $(|\sum_{k=1}^{n} u_k|)_{n\in\mathbf{N}}$.

Q2.b. – Un nombre non négligeable de copies font preuve de rigueur en utilisant des sommes partielles, ce qui était attendu. Cependant, le décalage d'indices et l'argument de convergence font souvent défaut.

Q2.c. – L'erreur classique concerne la confusion entre convergence absolue et convergence normale (pour laquelle un rappel de la définition permet de lever toute ambiguïté). De même un argument du type $u_n(x) = O(1/n^2)$ est nettement insuffisant.

Attention à l'affirmation « les compacts de $\mathbf{R}$ en sont les segments » (voire les intervalles).

Q2.d. – Il faut citer les théorèmes avec un jeu d'hypothèses raisonnables. La seule référence à la convergence normale pour justifier la convergence de $\sum u_k$ et $\sum u'_k$ laisse penser que le candidat s'appuie sur l'énoncé et non sur ses connaissances.

Q3. – Assez peu traitée, cette question nécessite la connaissance d'un théorème de convergence sur les séries de Fourier, typiquement Dirichlet (dont il faut rappeler les hypothèses), et un calcul justifié des coefficients de Fourier. Les candidats qui s'y sont aventurés en sont souvent restés au stade du calcul formel.

Q4.a. – On relève beaucoup d'erreurs dans la définition des coefficients de Fourier c_n. Nombreux sont les candidats qui utilisent l'égalité $h_t(x) = \mathrm{e}^{tx}$ sur $[0, 2\pi]$ dans le calcul de c_n, avec l'intégrale portant sur $[0, 2\pi]$. Il faut prendre un minimum de recul avant d'appliquer une formule.

Un nombre non négligeable de candidats affirment que la fonction h_t, prolongée par 2π-périodicité, est continue en $-\pi$, confondant la continuité de la restriction de h_t à $[-\pi, \pi[$ et la continuité de la fonction h_t définie sur $\mathbf{R}$.

Q4.b. et c. – Les hypothèses du théorème de Dirichlet sont souvent omises ou mal vérifiées. De même pour la conclusion qui semble ne concerner que les points de continuité.

Q5. – À noter : la convergence d'une série de Fourier $\sum_{n\in\mathbf{Z}} c_n \mathrm{e}^{inx}$ n'implique pas la convergence de chacune des séries $\sum_{n\leqslant 0} c_n \mathrm{e}^{inx}$ et $\sum_{n\geqslant 0} c_n \mathrm{e}^{inx}$.

Partie II : Sommation d'une suite double

Q6.a. – Un argument possible consiste à établir que la suite $(S_n)_{n\in\mathbf{N}}$ est de Cauchy. Un autre raisonnement est de remarquer que les deux séries $\sum_{k\geqslant 0} u_k$ et $\sum_{k<0} u_{-k}$ convergent absolument, donc convergent.

La convergence absolue est trop souvent confondue avec la convergence de la suite $(|S_n|)_{n\in\mathbf{N}}$. La rédaction commence souvent par « $|S_n| \leqslant \sum_{k=-n}^{n} |u_k| \leqslant \dots$ » et se termine par « la série converge absolument ». C'est problématique pour la correction : que veut montrer le candidat ? Que (S_n) est bornée ? Que la série converge absolument ?

Q6.b. – Établir que $(S_n)_{n\in\mathbf{N}}$ est de Cauchy est ici l'argument le plus pertinent. Un dessin, fait par certains candidats, représentant les couples d'indices de sommation peut aider à la compréhension.

Q7. et Q8. – Beaucoup trop d'imprécisions dans les questions 7 et 8, les plus mal traitées du problème.

Partie III : Une fonction périodique sur $\mathbf{R}$

Q.10 – De nombreux candidats font appel au critère spécial des séries alternées en oubliant de mentionner ou de vérifier la décroissance de la valeur absolue du terme général. Dans cette question, la convergence absolue est l'outil à privilégier.
Q.11 – De même, pour montrer que φ est de classe C^∞ sur $]-\pi,\pi[$, il ne suffit pas de montrer la convergence de la série des dérivées de tout ordre k.
Q.12 – Une majorité de candidats se contentent de justifier la convergence de la somme géométrique par $\mathrm{e}^{-2n\pi} < 1$, en oubliant la valeur absolue ou la positivité. L'interversion des deux sommes est souvent mécanique, peu de candidats signalent qu'il faudrait justifier (et encore moins s'aventurent dans cette justification !).
Q.14 – C'est bien le terme de droite de la question 13 qui permet le prolongement. En l'espèce, évoquer $\varphi(x+2\pi)$ n'a pas sens à ce stade. Mieux vaut appeler $\Phi(x)$ le terme de droite, puis montrer que $\Phi(x+2\pi) = \Phi(x)$.
Q.15 – Les candidats qui abordent cette question oublient souvent de vérifier que la fonction ψ qu'ils choisissent vérifie bien $\psi(x) = O(1/x^2)$ et $\psi'(x) = O(1/x^2)$ de façon à pouvoir appliquer les résultats de la partie I.

Partie IV : Développement en série de Fourier

Q.16 – Il n'est pas raisonnable de commencer par majorer la valeur absolue de l'intégrale dont on cherche à prouver l'existence...
Q.17 – L'énoncé donné par certains candidats du théorème de continuité des intégrales à paramètre est souvent faux ou très imprécis.

Partie V : Développement de Weierstrass

Q.23 – La plupart des candidats pensent que t est réel, ce qui induit une erreur dans le calcul du module du dénominateur.
Q24.a. – Certains candidats font apparaître des séries divergentes telles que $\displaystyle\sum_{n>0} \frac{1}{t-in}$ qu'ils manipulent sans précaution.
Q24.b. – La question est plus délicate qu'il n'y paraît puisque la variable de dérivation est complexe. Cependant, rien n'empêche le candidat de dériver par rapport à la partie réelle de la variable t, ce qui mène au résultat.

La fin du sujet, plus technique, n'a été que très peu abordée.

Chapitre 4

Rapport sur les épreuves orales

Les épreuves orales ont pour objectif « d'évaluer la capacité de concevoir, de mettre en œuvre et d'analyser l'enseignement d'une question mathématique donnée », ainsi que l'énonce l'arrêté définissant le concours.

Elles supposent une solide préparation car il faut savoir, sur un sujet précis, rassembler et structurer ses connaissances en vue d'exposer les notions mathématiques afférentes, de proposer des applications et des exemples illustratifs, de sélectionner des exercices formateurs et adaptés. Pour cela, les candidats sont notamment encouragés à faire de nombreux exercices d'entraînement afin d'acquérir une familiarité et une aisance suffisantes avec les notions mathématiques qu'ils n'ont pas l'occasion d'enseigner. Il est également important de préparer des plans possibles pour les différents sujets proposés dont la liste est donnée au chapitre 5. À ce propos, il est vivement déconseillé d'utiliser sans recul les ouvrages livrant des leçons « prêtes à l'emploi ». D'une part, parce que le but de l'épreuve orale est précisément de montrer sa propre capacité à structurer l'exposé d'une question donnée, ce qui suppose souvent de comparer plusieurs ouvrages et de faire des choix réfléchis, d'autre part, parce que le jury connaît parfaitement ces ouvrages, ce qui l'amène souvent à s'assurer de la bonne maîtrise par les candidats des passages délicats et bien identifiés par lui. Enfin, la préparation des candidats à l'oral ne doit pas se limiter à la seule étude des sujets proposés car les questions du jury portent sur tout le programme et abordent des notions connexes.

Le déroulement des épreuves orales n'a pas évolué en 2017 et sera reconduit à l'identique en 2018. Chacune des deux épreuves comporte un temps de préparation de trois heures. Les candidats reçoivent une convocation aux épreuves d'admission mentionnant l'heure du début des opérations (accueil, consignes pratiques, vérification d'identité et tirage ; se présenter par sécurité un quart d'heure avant), ainsi que l'heure de passage devant la commission d'oral pour chacune des deux épreuves qui ont lieu, sauf exception, sur deux jours consécutifs y compris dimanches et jours fériés. À leur première épreuve orale (épreuve d'exposé), les candidats tirent une enveloppe contenant soit deux sujets (au choix) d'algèbre et géométrie soit deux sujets (au choix) d'analyse et probabilités. Pour leur seconde épreuve orale (exemples et exercices), ils tirent une enveloppe contenant deux sujets (au choix) dans le domaine complémentaire (analyse et probabilités si le domaine de l'exposé était en algèbre et géométrie et vice-versa). Outre l'accès libre à la bibliothèque de l'agrégation (cf. liste des ouvrages chapitre 6), les candidats bénéficient de ressources numériques dans la salle de préparation : programmes scolaires, ressources pédagogiques, rapport de jury, polycopiés numériques. Ils ont également la **possibilité d'apporter leurs propres ouvrages sous réserve que ces derniers soient commercialisés avec un numéro ISBN et qu'ils ne comportent aucune annotation, aucun surlignage, aucun marque page etc.**, faute de quoi ils pourraient être suspectés de tentative de fraude. Les candidats sont invités à bien s'en assurer avant de rejoindre le centre d'épreuves.

Dans la salle de préparation, chaque candidat dispose d'un espace numérique de travail avec les logiciels prévus (cf. *infra* 4.1.2). Une fiche avec ses identifiants de connexion lui est remise. Tous les fichiers qu'il crée sont enregistrés sur le réseau et il peut les retrouver dans la salle de jury en se reconnectant au réseau.

4.1 Considérations générales

Il appartient aux candidats de bien prendre connaissance des conditions de passation de chacune des épreuves orales (cf. *infra*), et notamment du fait qu'elles sont structurées en trois temps bien distincts et limités en durée : un temps de présentation ou d'exposé (avec notes), un temps de développement (sans notes) et un temps réservé aux questions du jury. Pendant les deux premières parties, le jury n'intervient pas, sinon en comptable du temps. À ce propos, beaucoup trop de candidats gèrent difficilement le temps qui leur est imparti et nombreux sont ceux qui ne parviennent pas au bout du développement par manque de maîtrise ou pour avoir choisi une situation trop calculatoire, ce qui est souvent périlleux.

Par ailleurs il convient de lire très attentivement le sujet et de bien en délimiter le périmètre pour éviter aussi bien des oublis que des hors sujets. Plusieurs candidats confondent « exemples » et « applications », et trop souvent les applications proposées ne sont en fait que des illustrations de la notion.

Enfin, certains candidats se découragent pendant le temps de préparation, voire abandonnent. C'est dommage car, comme indiqué précédemment, l'agrégation interne est un concours difficile qui se prépare sur plusieurs années et toute expérience de l'oral est toujours formatrice.

4.1.1 Critères d'évaluation

Le jury fonde son évaluation sur un ensemble de critères variés permettant d'apprécier à leur juste valeur les prestations des candidats. Il est particulièrement attentif :

- à la maîtrise mathématique du sujet :
  - — maîtrise des contenus afférents au sujet et cela au niveau attendu par le concours ;
  - — exactitude et précision des énoncés des définitions, théorèmes ou propriétés ;
  - — rigueur des démonstrations, maîtrise des raisonnements logiques, mise en évidence de l'utilisation des hypothèses ;
  - — capacité à mobiliser ses connaissances mathématiques en vue de résoudre un problème ou d'expliquer un phénomène ;
  - — mise en lien des différentes idées et notions évoquées ;
  - — etc.

- à la pertinence de la présentation au regard du sujet donné :
  - — bonne couverture du thème avec un réel contenu mathématique et sans hors sujets ;
  - — niveau auquel le candidat choisit de se placer (un niveau trop élémentaire est sanctionné de même qu'un niveau trop élevé si mal maîtrisé) ;
  - — cohérence du plan et des articulations entre les parties et notions présentées ;
  - — choix du développement proposé ;
  - — diversité, richesse, progressivité des exercices retenus ;
  - — etc.

- aux qualités pédagogiques :
  — clarté de l'expression orale ;
  — capacité à motiver ses choix et ses actions, à expliquer clairement les raisons de sa démarche ;
  — gestion du temps ;
  — capacité à communiquer efficacement en se servant de différents supports (tableau, écran de projection) ;
  — présentation du tableau, organisation des calculs, choix des notations, etc.
  — capacités d'interaction avec le jury (écoute, réactivité, prise d'initiatives, capacité à mobiliser ses connaissances et à rectifier une erreur etc.) ;
  — utilisation convaincante, le cas échéant, des outils numériques ;
  — etc.

4.1.2 Usage des moyens informatiques

Les mathématiques d'aujourd'hui utilisent largement les outils informatiques, qu'il s'agisse de logiciels prêts à l'emploi ou d'algorithmes résolvant des problèmes de manière explicite. Cette situation a modifié très sensiblement les conditions d'exercice du métier d'enseignant : d'une part, certaines tâches techniques (longs calculs, tracés de courbes, résolutions approchées de problèmes, etc.) sont facilitées par des logiciels spécialisés et, d'autre part, différents logiciels interviennent couramment comme outils pédagogiques (représentation dynamique de situations géométriques, simulation d'expériences aléatoires etc.). Enfin, rappelons que les professeurs de mathématiques ont vocation, à tous les niveaux de la scolarité, à participer à l'enseignement d'algorithmique et de programmation proposé au collège et au lycée ainsi qu'à celui d'informatique inscrit dans les maquettes de formation des classes préparatoires.

C'est dans cet esprit que des moyens informatiques sont mis à disposition pour les deux épreuves orales afin que les candidats puissent valoriser leurs compétences dans ce domaine.
La liste des logiciels disponibles peut-être consultée sur le site du jury à l'adresse suivante :
`http://agreg.org/interne/logiciels.html` et les candidats peuvent télécharger (sur le site : `http://clefagreg.dnsalias.org`) un système très voisin de celui qui leur sera proposé à la prochaine session et qui tient entièrement dans une clé USB. Il est en effet essentiel d'avoir une certaine familiarité avec les logiciels mis à disposition afin d'être libéré des préoccupations techniques pour exploiter leurs apports pédagogiques.

Une fois encore à la session 2017, on a constaté une trop faible utilisation des outils numériques alors même que plusieurs sujets ont une dimension algorithmique évidente qui gagnerait à être illustrée informatiquement. C'est à cette fin que le jury a souhaité faire évoluer pour la session 2018 le libellé de certains sujets afin d'indiquer très précisément ses attentes en illustrations algorithmiques. Précisons toutefois qu'il s'est limité à quelques sujet et n'a pas recherché l'exhaustivité. Beaucoup d'autres sujets se prêtent volontiers à une illustration numérique.

Le jury regrette également des usages peu convaincants ou assez pauvres qui se limitent à présenter un simple diaporama ou à déléguer à la machine un calcul plus ou moins difficile en utilisant une fonction prédéfinie du logiciel utilisé. Ainsi, il est inutile d'utiliser un logiciel de calcul pour trouver des coefficients de Bézout identifiables par un simple calcul de tête, ou pour dessiner un pentagone n'ayant que peu de rapport (sinon éventuellement esthétique) avec le fond du problème à résoudre. Il convient en effet que les illustrations algorithmiques ou logicielles apportent une réelle plus-value par rapport au sujet traité, et ne se limitent pas à une suite d'actions de type « presse-bouton ».

La présentation effectuée par le candidat ne doit être ni la description factuelle d'une succession d'actions ou de lignes de code ni la démonstration d'une quelconque virtuosité technique ou performance matérielle. Le jury attend surtout la mise en évidence d'un lien fort entre les fondements mathématiques et les illustrations informatiques ou logicielles, sans perdre de vue l'arrière-plan pédagogique. Concernant la présentation des algorithmes, on pourra se contenter d'une rédaction dans un pseudo-langage en français et expliquer comment a été faite l'implantation en machine. À ce propos, il est utile de prévoir des commentaires qui facilitent la lecture du code et permettent de valoriser le travail du candidat même s'il demeure des erreurs de syntaxe qui empêchent le fonctionnement du programme (la programmation est un art qui peut échouer sur des détails minimes). Le jury n'attend pas une programmation aboutie avec tous les raffinements esthétiques possibles mais seulement de voir fonctionner un algorithme pour en montrer l'efficacité ou les limites en temps de calcul, ou encore de voir, au travers d'une animation, l'effet de certains paramètres qu'on peut faire varier de façon dynamique.

Enfin, les candidats doivent veiller à limiter leur temps de présentation sur cet aspect des choses, et à intégrer leurs illustrations informatiques aux deux premiers temps de l'épreuve orale, sans possibilité de déborder sur le temps consacré aux questions du jury.

4.2 L'épreuve orale d'exposé

4.2.1 Déroulement de l'épreuve

L'épreuve orale d'exposé se déroule en trois temps :

- présentation du plan (durée maximale de **15 minutes**) ;
- développement d'un élément du plan choisi par le candidat (durée maximale de **15 minutes**) ;
- questions du jury (pour la **durée complémentaire de l'épreuve**).

4.2.2 Choix des sujets

Le jury regrette que bon nombre de candidats restent très réticents à choisir des leçons de géométrie. Ainsi, cette année encore, les leçons 128 (Barycentres. Applications.), 119 (Utilisation des nombres complexes en géométrie), 137 (Droites et cercles dans le plan affine euclidien.) ou encore 142 (Utilisation de groupes en géométrie.) n'ont pas ou très peu été choisies. Des sujets classiques comme le 227 (Fonctions de plusieurs variables : dérivées partielles, différentiabilité, fonctions de classe $\mathscr{C}^1$. Exemples.) ou 228 (Extremums d'une fonction de plusieurs variables réelles.) ou encore 235 (Exponentielles de matrices. Applications.) n'ont eu guère plus de succès. Il nous faut donc à nouveau insister et rappeler qu'il s'agit de sujets souvent tout à fait abordables (avec bien sûr un minimum de préparation et un recul adéquat) qui, bien menés, sont valorisés par le jury. On ne peut donc qu'encourager les candidats (et les préparations) à s'investir dans ces domaines.
Parmi les leçons délaissées on trouve aussi la 158 (Groupe opérant sur un ensemble. Exemples et applications.) et la 262 (Étude métrique des courbes planes).

En revanche, il est constaté un choix plus fréquent des sujets de probabilités que les années précédentes. On ne peut que s'en réjouir eu égard à la place de ces chapitres dans les programmes de l'enseignement secondaire.

Enfin, les leçons 106, 107, 110, 120, 143, 144, 151, 156, 163, 201, 202, 203, 204, 210, 212, 221, 223, 264 sont très fréquemment choisies quand elles sont tirées (plus de 75%).

4.2.3 Plan

Il s'agit de présenter les notions et les principaux résultats liés au sujet. C'est un exercice de synthèse qui suppose de bien mettre en évidence les articulations entre les objets présentés, tout le contraire d'un catalogue de définitions et de résultats sans véritables liens entre eux.

Il est inutile de détailler les notations et définitions trop élémentaires, et de s'attarder sur les prérequis. Les candidats peuvent supposer une certaine familiarité des examinateurs avec les notions abordées et les ouvrages qui les traitent, et éviter les listes interminables et chronophages de propriétés évidentes. Il faut en effet bien gérer son temps pour pouvoir aborder soigneusement les points centraux ou délicats du sujet. Ainsi, par exemple, pour la leçon 143 (Polynômes à une indéterminée à coefficients réels ou complexes.), il faut éviter de passer trop de temps sur la partie construction pour ne pas risquer de voir l'exposé culminer sur un énoncé élémentaire relatif à la division euclidienne.

Il n'est pas nécessaire de tout écrire en détail. En revanche, les théorèmes importants ou les propriétés au cœur du sujet doivent être énoncés avec précision (hypothèses, quantificateurs existentiels ou universels ...).

Insistons aussi sur le fait que le plan doit être cohérent sur l'ordre de présentation des différentes notions ou théorèmes. Il doit être sans cercle vicieux et doit refléter les capacités de synthèse que l'on est en droit d'attendre d'un enseignant en mathématiques. Il faut savoir prendre du recul et souligner (même oralement) les liens entre les différents résultats présentés. Aussi, la recopie linéaire d'un chapitre d'un ouvrage n'est pas souhaitable. Par ailleurs, il n'est pas indispensable, sur certaines leçons, d'être exhaustif.

Enfin, il faut s'employer à répondre précisément à la question posée et à bien adapter le plan aux intitulés des sujets. Le jury a regretté, par exemple, que les leçons 151 (Réduction d'un endomorphisme d'un espace vectoriel de dimension finie. Applications.), 156 (Valeurs propres. Recherche et utilisation.), 163 (Endomorphismes diagonalisables. Exemples et applications.) et 110 (Polynômes d'endomorphismes en dimension finie. Applications.) donnent parfois lieu à des plans identiques. De même, il n'est pas raisonnable de voir les exposés de probabilités systématiquement dévier vers des développements d'analyse.

Une motivation, même orale, des notions fondamentales introduites est bienvenue, tout comme les exemples qui permettent d'illustrer les résultats théoriques. Le jury apprécie toute application dans des domaines variés témoignant d'une solide maîtrise mathématique et d'une bonne culture scientifique du candidat. Attention cependant à éviter le bavardage en citant hors contexte et de façon vague des applications scientifiques mal connues du candidat.

Il peut être utile de consulter les remarques faites sur certaines leçons dans les rapports précédents.

4.2.4 Développement

Le développement consiste à détailler et exposer une situation mathématique significative et importante de la leçon (souvent la démonstration d'un théorème). Insistons sur le fait que le choix du développement revient au candidat et non aux examinateurs, et qu'il constitue un élément de l'évaluation. Le développement se fait sans notes, celles-ci pouvant être consultées occasionnellement avec l'accord du jury (par exemple pour vérifier une hypothèse ou une notation). Le point développé doit être substantiel et consistant. Ce n'est par exemple pas le cas du théorème/lemme de Bézout quand on a défini le PGCD au moyen des idéaux de $\mathbf{Z}$ ou de $\mathbf{K}[X]$. De même, il n'est pas admissible de démontrer un théorème en admettant l'essentiel du contenu mathématique de sa preuve dans un lemme énoncé dans le plan et en se contentant de faire de simples vérifications. Le jury a également sanctionné dans la notation les candidats qui ont proposé la résolution d'un exercice élementaire ou la présentation d'un exemple inconsistant. Ce n'est pas ce qui est attendu, outre le fait que cette pratique biaise la nature complémentaire des deux épreuves orales et pourrait s'interpréter comme une stratégie d'optimisation consistant à préparer des développements susceptibles être présentés aussi bien en exposé qu'en exercices.

Rappelons que le développement permet au jury d'apprécier les compétences mathématiques du candidat et sa capacité à effectuer une présentation vivante, claire et maîtrisée. Le jury s'attend à ce que celle-ci ne soit pas la « récitation » d'une démonstration apprise par cœur, mais que le candidat se la soit approprié. Il convient que le candidat annonce avec précision les résultats intermédiaires qu'il cherche à établir ainsi que le type de raisonnement qu'il met en œuvre (raisonnement par l'absurde, par analyse-synthèse, par récurrence, etc.)

4.2.5 Niveau de la leçon

Il convient de répéter que le choix d'un niveau trop « élémentaire » n'est pas apprécié par le jury. De même, vouloir traiter des questions que l'on ne maîtrise pas ou mal est préjudiciable. Au candidat donc de proposer un exposé du niveau du programme de l'agrégation interne en retenant des notions, théorèmes et exemples qu'il maîtrise.
Par ailleurs, se placer d'emblée dans un cadre plus vaste que celui qui est précisé dans l'intitulé du sujet n'est pas recommandé car c'est prendre le risque de ne pas développer des particularités spécifiques à la question posée ou de traiter des parties « hors sujet », inévitablement sanctionnées par le jury. Il est préférable, si on le souhaite, d'étendre les résultats présentés en fin d'exposé.

4.2.6 Questions du jury

Les questions du jury visent à s'assurer de la bonne compréhension et de la maîtrise suffisante des notions présentées dans le plan ou abordées au cours du développement. Elles permettent souvent de corriger les éventuelles imprécisions ou erreurs. Elles ne sont pas posées dans le but de piéger les candidats et ne nécessitent que très rarement de longs arguments. Il peut aussi s'agir d'appliquer un résultat de la leçon sur un exemple proposé par le jury. Il est également souhaitable que le candidat connaisse les grandes lignes des démonstrations des propriétés majeures de son plan. Enfin, le jury peut élargir l'interrogation à des domaines proches afin de tester la culture du candidat.

4.2.7 Évolution des sujets pour la session 2018

Les sujets numéros 104, 106, 114, 125, 144, 151, 155, 159, 208, 231, 241, 251, 256, 257, 260 et 264 verront leur libellé légèrement modifié.

Une nouvelle leçon sera introduite :
169 : « Structures quotients dans divers domaines de l'algèbre. Applications ».

4.3 L'épreuve orale d'exemples et exercices

4.3.1 Déroulement de l'épreuve

En réponse au sujet qu'il a retenu, le candidat choisit trois à six exercices et rédige (sur une feuille pré-imprimée qui lui est remise) un document comportant les énoncés des exercices ou exemples ainsi que les motivations et remarques correspondantes. À l'issue de la préparation, des photocopies de ce document sont réalisées par les appariteurs et sont remises par le candidat aux examinateurs.

L'épreuve orale se déroule en trois temps :
- présentation motivée de l'ensemble des exercices ou exemples sélectionnés par le candidat (durée maximale de **10 minutes**) ;
- résolution commentée d'un des exercices ou exemples au choix du candidat parmi ceux qu'il vient de présenter (durée maximale de **15 minutes**) ;
- questions du jury (pour la **durée complémentaire de l'épreuve**).

L'épreuve n'est pas censée représenter une séance devant une classe de collège ou de lycée ; des objectifs plus ambitieux et un rythme plus soutenu peuvent être adoptés sous réserve d'une bonne maîtrise des notions mathématiques sous-jacentes et d'une réelle qualité d'exposition.

L'attention des candidats est appelée sur les deux points suivants :
- la formulation d'un énoncé est un acte pédagogique et le candidat a tout loisir pour modifier en conséquence ceux des ouvrages qu'il consulte. Ainsi, par exemple, des énoncés segmentés en de trop nombreuses questions ne demandant que des vérifications élémentaires ne sont pas adaptés à cette épreuve ;
- la colonne « commentaires » est destinée aux informations de nature pédagogique sur l'intérêt de l'exercice et ne doit pas être dévoyée en une liste d'indications permettant de résoudre les exercices.

Cette épreuve orale exige une réelle réflexion transversale sur les notions au programme afin de pouvoir présenter des illustrations variées du thème choisi. Elle demande du recul et il ne faut pas s'étonner de voir le jury demander le schéma général de résolution d'un exercice proposé par le candidat, sans en demander tous les détails : cela exige de la réflexion sur ce qui est proposé et exclut en particulier la recopie d'exercices trouvés à la hâte dans divers recueils.

4.3.2 Choix des sujets

Comme pour l'épreuve orale d'exposé, les sujets de géométrie sont délaissés par les candidats. Ainsi les sujets 330 (Exercices faisant intervenir les angles et les distances en dimensions 2 et 3.), 339 (Exemples d'étude des isométries laissant invariante une partie du plan, une partie de l'espace.) et 354 (Exercices sur les cercles et les sphères.) n'ont pas ou peu été choisis, alors qu'ils font écho à des notions enseignées par les candidats et qui pourraient être valorisées au concours.
Il en est de même pour les sujets 346 (Exemples de problèmes modélisés par des graphes.), 417 (Exemples illustrant l'approximation de fonctions numériques.), 426 (Exemples et applications de calculs d'intégrales multiples : calculs de longueurs, d'aires, de volumes, ...), 430 (Exemples d'équations différentielles issues de domaines variés : sciences expérimentales, économiques, ...) et 431 (Exemples de recherche d'extremums d'une fonction numérique d'une ou plusieurs variables réelles.).

Parmi les sujets très fréquemment choisis (plus de 75%), on trouve : 314, 403, 436, 411, 413, 317, 402, 422, 404, 348, 410, 309, 315, 357.

4.3.3 Présentation motivée des exercices ou exemples

Il s'agit d'expliquer soigneusement les raisons qui ont conduit au choix des exercices et il est inutile de recopier au tableau les énoncés. Motiver le choix d'une liste d'exercices, c'est en expliquer la pertinence par des raisons d'ordre pédagogique ou mathématique (l'un n'excluant pas l'autre), préciser les prérequis, situer les exercices dans leur contexte, commenter leur apport sur le plan pédagogique, etc.

Voici quelques éléments de motivations possibles :

Objectif : S'il est important d'indiquer à quel public s'adressent les exercices et ce qu'ils supposent connu de ce public, ceci doit être fait brièvement. Il faut également décrire quel est l'objectif de chaque exercice : illustration ou complément d'un résultat de cours, entraînement à une technique de calcul particulière, mise en évidence d'une propriété remarquable, etc. Insistons : cette présentation doit être concise.

Niveau : Les difficultés éventuelles d'un énoncé doivent être mises en évidence. Le souci de graduer ces difficultés ou d'aider à les surmonter par des indications appropriées constitue un aspect possible de la présentation des exercices. Cependant, il ne faut pas détourner ceci en écrivant trop de détails sur la résolution dans la colonne destinée aux remarques et motivations (ceci n'est pas du tout apprécié par le jury !). Il est important d'indiquer le ressort mathématique de chaque exercice choisi.

Cohérence : Les énoncés ne doivent pas constituer une collection hétéroclite, sans que jamais ne se dégage une quelconque méthode un peu générale : leur ensemble doit posséder un certain degré de cohérence, variable selon les sujets. Il serait bon, par exemple lors de la présentation, que les candidats puissent dégager les idées, méthodes générales qui entrent en jeu même si elles sont illustrées dans les exercices sur des cas particuliers. Indiquer les connexions pouvant relier certains énoncés est une démarche appréciée, de même que l'indication de la place de ces exercices dans une séquence d'enseignement. Dans tous les cas, il faut s'assurer que les exercices retenus sont en adéquation avec le sujet proposé et « balayent » effectivement l'ensemble du sujet.

Intérêt : Un exercice peut apporter un éclairage particulier sur une notion ou laisser entrevoir un développement de celle-ci ou encore en donner une application pertinente. De tels critères peuvent être mis en avant pour justifier du choix d'un exercice (il est d'ailleurs bon de citer les concepts sous-jacents). Lorsqu'il existe diverses méthodes ou outils pour résoudre un problème donné, un exercice peut avoir pour objectif d'en comparer certaines, ne serait-ce que sur des exemples.

Originalité : Le choix d'un exercice ne doit pas se limiter au recyclage de quelques situations rabâchées.

Bien des candidats présentent très honorablement cette première partie de l'épreuve, mettant en valeur leurs compétences pédagogiques et leurs acquis professionnels, et motivant la sélection des exercices par la diversité des applications qu'ils mettent en évidence. Ils utilisent le tableau de manière efficace tout en captant l'attention des examinateurs.

Il convient néanmoins d'attirer l'attention sur les défauts observés, et de prodiguer quelques conseils. Trop souvent, les candidats se contentent de donner lecture de leurs énoncés en quelques minutes. D'autres pratiquent avec plus ou moins de conviction la stratégie du « remplissage », qui consiste à occuper au mieux le temps alloué en diluant la présentation de leurs exercices à grands traits de banalités. D'autres enfin se contentent d'énoncer quelques théorèmes en rapport avec les exercices : s'il peut être pertinent et fort utile de situer le contexte mathématique et de mettre en évidence les notions ou théorèmes essentiels dans la résolution, il n'est pas judicieux de commencer la présentation par de longs rappels de cours, et encore moins de transformer la séance en un exposé de leçon.

On attend des candidats qu'ils proposent des exercices réellement différents, par leurs domaines spécifiques ou bien par leurs méthodes de traitement, et non pas plusieurs habillages d'une seule et même idée. Bien évidemment, le candidat doit veiller à ce que les exercices qu'il propose entrent bien dans le cadre délimité par le titre du sujet : le hors sujet est sanctionné ! On évitera (ou alors on le justifiera !) de proposer une suite d'exercices qui reproduisent (en la généralisant par exemple) une méthode de résolution déjà présentée. Il est bon de privilégier les exercices s'appliquant à des domaines variés. Il convient de présenter des exercices consistants (qui ne se résovent pas de tête ou en cinq minutes) et d'éviter les exercices relevant d'une astuce qui sont souvent de peu d'intérêt. On préfèrera ceux donnant une méthode de résolution réutilisable et pédagogiquement efficace. Il convient aussi d'être vigilant sur les exercices ayant plusieurs méthodes de résolution, dont certaines peuvent les rendre élémentaires (même si celles-ci sont hors sujet dans le cadre de la séance présentée) : c'est un atout de savoir montrer au jury sa maîtrise de l'ensemble des outils qui pourraient être mobilisés sur un exercice. Enfin, on évitera les exercices très proches du cours, ou consistant à proposer la démonstration d'un théorème du cours, afin de bien différencier les deux épreuves orales.

Revenons enfin, et à nouveau, sur un point évoqué dans les précédents rapports. Certains sujets ont un intitulé commençant par « Exercices faisant intervenir... » ou bien « Exercices illustrant l'utilisation ... » : il ne s'agit pas de proposer des exercices (parfois fort techniques) presque exclusivement centrés sur la notion concernée (nombres premiers, division euclidienne, trigonométrie, déterminants, ...), c'est-à-dire des exercices d'entraînement sur cette notion, mais plutôt de donner des exercices un peu plus variés où la notion évoquée peut jouer un rôle dans un autre domaine.

4.3.4 Résolution détaillée d'un exercice ou d'un exemple

À l'issue de la présentation des exercices, le candidat désigne un exercice ou exemple qu'il se propose de résoudre en détail. Insistons sur le fait que ce choix revient au candidat et non aux examinateurs, et qu'il constitue un élément de l'évaluation. Au cours de cette phase, tout comme de la précédente, les examinateurs n'interviennent pas et le candidat doit faire preuve d'autonomie.

Le jury a eu le plaisir d'assister à un bon nombre de prestations très honorables et parfois excellentes, reflétant une culture mathématique étendue et une bonne familiarité avec une diversité de techniques. Il convient néanmoins de mettre en avant certaines erreurs ou maladresses à éviter.
La pertinence du choix de l'exercice développé est un élément important d'appréciation. Même si on a donné une liste progressive et substantielle, il est très maladroit, et pénalisant, de choisir de développer un premier exercice très élémentaire (la résolution est supposée durer quinze minutes). Il n'est pas raisonnable non plus de s'engager dans la résolution d'un exercice d'une complexité mal mesurée et qui n'aboutira pas dans le temps imparti.
Les exercices requérant de lourds calculs donnent souvent lieu à des présentations décevantes car les candidats ont du mal à en gérer la longueur et la technicité. Il convient, en pareil cas, d'exposer la démarche dans un premier temps puis d'approfondir les points les plus marquants ; le jury demandera, le cas échéant, des détails complémentaires.
On rappelle que les candidats doivent être capables de fournir un énoncé correct des théorèmes qu'ils utilisent lors de la résolution de leurs exercices.
Les candidats doivent aussi s'assurer que les énoncés des exercices qu'ils proposent ne comportent pas d'erreurs (cette situation déstabilise régulièrement des candidats trop confiants dans leurs livres).

4.3.5 Questions du jury

Ces questions peuvent être de plusieurs sortes. Elles permettent souvent de corriger d'éventuels lapsus ou de mettre en évidence une faille dans la solution ou encore de s'assurer que le candidat a réellement saisi les divers aspects de la résolution (en examinant par exemple l'impact d'une modification des hypothèses sur le résultat annoncé). Il est bien souvent demandé au candidat de donner des précisions sur la résolution de l'exercice qu'il a proposé.
Le candidat doit s'attendre aussi à être interrogé, au moins partiellement, sur la résolution de **chacun des exercices** qu'il propose. À défaut d'une solution détaillée, il peut lui être demandé les méthodes utilisées ou les différents enchaînements de la résolution.
Par ailleurs, les examinateurs cherchent à déterminer si les notions apparaissant dans tel ou tel énoncé sont effectivement connues du candidat. En ce sens, un choix d'exercices trop ambitieux risque d'élever le niveau des questions posées. Il n'est pas recommandé d'évoquer des questions à propos desquelles on n'a aucun recul.
Pour terminer, soulignons clairement que les questions du jury n'ont en aucun cas pour but de déstabiliser le candidat. Elles visent simplement à cerner au mieux l'étendue de ses connaissances et compétences.

4.3.6 Évolution des sujets pour la session 2018

Deux nouveaux sujets seront proposés :
- 454 : Exemples d'applications de la notion de compacité.
- 455 : Exemples d'étude qualitative d'équations différentielles ou de systèmes différentiels.

Le sujet 409 a été reformulé de la façon suivante : « Exemples d'utilisation de polynômes en analyse ». Il inclut bien sûr les polynômes orthogonaux du libellé précédent mais ouvre d'autres perspectives telles les courbes de Bézier ou les situations d'approximation en analyse, etc.

Les libellés des sujets 306, 313, 319, 350, 426, 430 et 435 ont été légèrement modifiés.

Chapitre 5

Liste des sujets pour la session 2018

Leçons d'algèbre et géométrie

101 : Groupes monogènes, groupes cycliques. Exemples.

102 : Permutations d'un ensemble fini, groupe symétrique. Applications.

103 : Anneau $\mathbf{Z}/n\mathbf{Z}$. Applications.

104 : Nombres premiers. Propriétés et applications.

106 : PGCD dans $\mathbf{Z}$ et $\mathbf{K}[X]$ où $\mathbf{K}$ est un corps commutatif, théorème de Bézout. Applications.

107 : Dimension d'un espace vectoriel admettant une famille génératrice finie. Rang d'une famille de vecteurs.

109 : Formes linéaires, hyperplans, dualité. On se limitera à des espaces vectoriels de dimension finie. Exemples.

110 : Polynômes d'endomorphismes en dimension finie. Applications.

112 : Changements de bases en algèbre linéaire et en algèbre bilinéaire. Applications.

113 : Déterminants. Applications.

114 : Opérations élémentaires sur les lignes ou les colonnes d'une matrice. Applications. Illustration algorithmique.

117 : Groupe orthogonal d'un espace vectoriel euclidien de dimension 2, de dimension 3.

119 : Utilisation des nombres complexes en géométrie.

120 : Endomorphismes symétriques d'un espace vectoriel euclidien. Applications.

121 : Réduction et classification des formes quadratiques sur un espace vectoriel réel de dimension finie. Cas d'un espace euclidien. Applications géométriques.

123 : Isométries du plan affine euclidien, formes réduites. Applications.

125 : Isométries de l'espace affine euclidien de dimension 3, formes réduites. Applications.

128 : Barycentres. Applications.

131 : Applications affines en dimension finie. Propriétés et exemples.

137 : Droites et cercles dans le plan affine euclidien.

142 : Utilisation de groupes en géométrie.

143 : Polynômes à une indéterminée à coefficients réels ou complexes.

144 : Notion de rang en algèbre linéaire et bilinéaire. Applications.

146 : Coniques.

150 : Diverses factorisations de matrices. Applications

151 : Réduction d'un endomorphisme d'un espace vectoriel de dimension finie. Applications. (On supposera connues les notions de valeurs propres, vecteurs propres et sous-espace propres).

155 : Systèmes d'équations linéaires. Applications

156 : Valeurs propres. Recherche et utilisation.

158 : Groupe opérant sur un ensemble. Exemples et applications.

159 : Algorithme d'Euclide dans $\mathbf{Z}$ et $\mathbf{K}[X]$ où $\mathbf{K}$ est un corps commutatif. Calcul de PGCD et de coefficients de Bézout. Applications.

163 : Endomorphismes diagonalisables. Exemples et applications.

165 : Idéaux d'un anneau commutatif. Exemples.

166 : Corps des fractions rationnelles à une indéterminée sur un corps commutatif. Applications.

167 : Groupe des nombres complexes de module 1. Sous-groupes des racines de l'unité. Applications.

168 : Racines d'un polynôme à une indéterminée. Relations coefficients-racines.

169 : Structures quotients dans divers domaines de l'algèbre. Applications.

Leçons d'analyse et probabilités

201 : Étude de suites numériques définies par différents types de récurrence. Applications.

202 : Séries à termes réels positifs. Applications.

203 : Séries à termes réels ou complexes : convergence absolue, semi-convergence. (Les résultats relatifs aux séries à termes réels positifs sont supposés connus).

204 : Espaces vectoriels normés de dimension finie, normes usuelles, équivalence des normes. Applications

205 : Espaces préhilbertiens : projection orthogonale sur un sous-espace de dimension finie. Application à l'approximation des fonctions.

206 : Parties compactes de $\mathbf{R}^n$. Fonctions continues sur une telle partie. Exemples et applications.

207 : Théorème des valeurs intermédiaires. Applications.

208 : Méthodes de recherche de points fixes.

209 : Séries de fonctions. Propriétés de la somme, exemples.

210 : Séries entières de variable réelle ou complexe. Rayon de convergence. Propriétés de la somme. Exemples.

212 : Série de Fourier d'une fonction périodique ; propriétés de la somme. Exemples.

213 : Exponentielle complexe ; fonctions trigonométriques, nombre π.

215 : Comparaison d'une série et d'une intégrale. Applications.

216 : Théorèmes des accroissements finis pour une fonction d'une ou plusieurs variables réelles. Applications.

217 : Fonctions convexes d'une variable réelle. Applications.

218 : Différentes formules de Taylor pour une fonction d'une variable réelle. Applications.

219 : Fonction réciproque d'une fonction définie sur un intervalle. Continuité, dérivabilité. Exemples.

220 : Méthodes de calcul approché d'une intégrale. Majoration ou estimation de l'erreur.

221 : Intégrale impropre d'une fonction continue sur un intervalle de $\mathbf{R}$ (l'intégration sur un segment étant supposée connue). Exemples.

223 : Intégrale d'une fonction dépendant d'un paramètre. Propriétés, exemples et applications.

224 : Équations différentielles linéaires d'ordre deux : $x'' + a(t)x' + b(t)x = c(t)$, où a, b, c sont des fonctions continues sur un intervalle de $\mathbf{R}$, à valeurs réelles ou complexes.

225 : Systèmes différentiels linéaires du premier ordre à coefficients constants. Exemples.

227 : Fonctions de plusieurs variables : dérivées partielles, différentiabilité, fonctions de classe $\mathscr{C}^1$. Exemples.

228 : Extremums d'une fonction de plusieurs variables réelles.

229 : Suite de variables aléatoires indépendantes de même loi de Bernoulli. Variables aléatoires de loi binomiale et approximations de la loi binomiale.

230 : Probabilité conditionnelle et indépendance. Variables aléatoires indépendantes. Variance, covariance. Exemples

231 : Espérance, variance ; loi faible des grands nombres. Applications.

232 : Variables aléatoires possédant une densité. Exemples.

235 : Exponentielles de matrices. Applications.

237 : Construction de l'intégrale et lien avec les primitives.

241 : Diverses notions de convergence en analyse et en probabilités. Exemples et applications. (Les définitions des notions de convergence sont supposées connues).

244 : Inégalités en analyse et en probabilités. Par exemple : Cauchy-Schwarz, Markov, Bessel, convexité. . .

249 : Loi normale en probabilités et statistique.

251 : Diverses méthodes de résolution approchée d'une équation numérique ou d'une équation différentielle.

254 : Algorithmes d'approximation du nombre π.

256 : Vitesse de convergence. Méthodes d'accélération de convergence.

257 : Écriture décimale d'un nombre réel ; cas des nombres rationnels, ...

258 : Couples de variables aléatoires possédant une densité. Covariance. Exemples d'utilisation.

260 : Variables aléatoires discrètes, couples de variables aléatoires discrètes. Covariance. Exemples d'application.

262 : Étude métrique des courbes planes.

263 : Suites dans un espace vectoriel normé de dimension finie.

264 : Fonctions développables en série entière. Exemples et applications. (Les résultats relatifs aux séries entières sont supposés connus).

265 : Inversion locale, difféomorphismes. Applications

266 : Applications linéaires continues, normes associées. Exemples.

267 : La fonction Gamma.

Exemples et exercices d’algèbre et géométrie

301 : Exercices sur les groupes.

302 : Exercices faisant intervenir les notions de congruence et de divisibilité dans $\mathbf{Z}$.

304 : Exercices faisant intervenir le théorème de Bézout.

305 : Exercices faisant intervenir les nombres premiers.

306 : Exercices faisant intervenir les notions de PGCD et PPCM. Illustration algorithmique.

307 : Exercices faisant intervenir des dénombrements.

309 : Exercices faisant intervenir des polynômes et fractions rationnelles sur $\mathbf{R}$ ou $\mathbf{C}$.

310 : Exercices d’algèbre linéaire faisant intervenir les polynômes.

311 : Exercices illustrant l’utilisation de la notion de rang.

312 : Exercices illustrant l’utilisation des matrices inversibles.

313 : Exercices illustrant l’utilisation de systèmes d’équations linéaires.

314 : Exercices illustrant l’utilisation de déterminants.

315 : Exercices illustrant l’utilisation de vecteurs propres et valeurs propres dans des domaines variés.

317 : Exercices sur les endomorphismes diagonalisables.

319 : Exercices faisant intervenir des décompositions de matrices. Illustration algorithmique.

321 : Exercices faisant intervenir la réduction des matrices symétriques réelles dans des domaines variés.

322 : Exercices sur les formes quadratiques.

323 : Exercices de géométrie résolus à l’aide des nombres complexes.

325 : Exercices faisant intervenir des isométries affines en dimensions 2 et 3.

326 : Exercices faisant intervenir la notion de barycentre ou d’application affine.

328 : Exemples d’utilisation de transformations en géométrie.

330 : Exercices faisant intervenir les angles et les distances en dimensions 2 et 3.

334 : Exercices sur les coniques.

339 : Exemples d’étude des isométries laissant invariante une partie du plan, une partie de l’espace.

340 : Exercices faisant intervenir des groupes en géométrie.

345 : Exercices sur les triangles.

346 : Exemples de problèmes modélisés par des graphes.

348 : Exercices illustrant l’emploi de puissances ou d’exponentielles de matrices.

349 : Exemples de méthodes de chiffrement ou de codage.

350 : Exercices faisant intervenir des opérations élémentaires sur les lignes ou colonnes d’une matrice. Illustration algorithmique.

351 : Exercices faisant intervenir des polynômes irréductibles.

353 : Exercices utilisant la notion d’endomorphisme nilpotent.

354 : Exercices sur les cercles et les sphères.

355 : Exercices faisant intervenir des automorphismes orthogonaux.

356 : Exercices utilisant les permutations d’un ensemble fini.

357 : Exercices utilisant le corps $\mathbf{Z}/p\mathbf{Z}$.

Exemples et exercices d'analyse et probabilités

402 : Exemples d'étude de suites ou de séries divergentes.

403 : Exemples d'étude de suites définies par une relation de récurrence.

404 : Exemples d'étude de la convergence de séries numériques.

405 : Exemples de calcul exact de la somme d'une série numérique.

407 : Exemples d'évaluation asymptotique de restes de séries convergentes, de sommes partielles de séries divergentes.

408 : Exemples d'étude de séries réelles ou complexes non absolument convergentes.

409 : Exemples d'utilisation de polynômes en analyse.

410 : Comparaison, sur des exemples, de divers modes de convergence d'une suite ou d'une série de fonctions.

411 : Exemples d'étude de fonctions définies par une série.

412 : Exemples de développement d'une fonction en série entière. Applications.

413 : Exemples d'applications des séries entières.

414 : Exemples de séries de Fourier et de leurs applications.

415 : Exemples d'applications du théorème des accroissements finis et de l'inégalité des accroissements finis pour une fonction d'une ou plusieurs variables réelles.

417 : Exemples illustrant l'approximation de fonctions numériques.

418 : Exemples d'utilisation de développements limités de fonctions d'une ou plusieurs variables.

421 : Exemples de calcul exact et de calcul approché de l'intégrale d'une fonction continue sur un segment. Illustration algorithmique.

422 : Exemples d'étude d'intégrales impropres.

423 : Exemples d'utilisation des théorèmes de convergence dominée et de convergence monotone.

426 : Exemples d'utilisation d'intégrales simples et multiples : calculs de longueurs, d'aires, de volumes, ...

427 : Exemples d'étude de fonctions définies par une intégrale.

428 : Exemples d'étude et de résolution exacte ou approchée d'équations différentielles scalaires.

429 : Exemples d'étude et de résolution de systèmes différentiels linéaires.

430 : Exemples d'équations différentielles issues de domaines variés (sciences expérimentales ou autres sciences).

431 : Exemples de recherche d'extremums d'une fonction numérique d'une ou plusieurs variables réelles.

432 : Exemples d'approximations d'un nombre réel. Illustration algorithmique.

434 : Exemples d'utilisation de changement de variable(s) en analyse.

435 : Exemples de modélisations de situations réelles en probabilités.

436 : Exemples d'applications de l'intégration par parties.

437 : Exercices faisant intervenir des variables aléatoires.

438 : Exemples de problèmes de dénombrement. Utilisation en probabilités.

439 : Exemples d'étude d'applications linéaires continues et de leur norme.

440 : Exercices sur les propriétés métriques des courbes planes (longueur, courbure…).

441 : Exemples de systèmes différentiels linéaires en dimension 2 ou 3. Allure des trajectoires.

443 : Exemples de méthodes et d'algorithmes de résolution approchée d'équations $F(X) = 0$, X désignant une variable réelle ou vectorielle.

444 : Exemples de calcul approché de la limite d'une suite, de la somme d'une série. Illustration algorithmique.

447 : Exemples d'équations fonctionnelles.

448 : Exemples d'utilisation d'intervalles de fluctuation et d'intervalles de confiance.

449 : Exemples d'équations différentielles non linéaires.

451 : Exemples d'applications des transformées de Fourier et Laplace.

452 : Exemples d'applications du théorème des fonctions implicites.

453 : Exercices illustrant l'utilisation de la loi binomiale en probabilités et en statistique.

454 : Exemples d'applications de la notion de compacité.

455 : Exemples d'étude qualitative d'équations différentielles ou de systèmes différentiels.

Chapitre 6

Bibliothèque de l'agrégation de mathématiques

La bibliothèque est commune avec le concours de l'agrégation externe, excepté pour les livres d'informatique théorique qui ne sont pas repris dans la présente liste. Seuls les livres d'algorithmique présentant un intérêt pour le concours interne ont été maintenus.

AABELSON H. SUSSMAN G. J. SUSSMAN J.	Structure and interpretation of computer programs	MIT Press ISBN : 9780262010771
AEBISCHER B.	Géométrie	Vuibert ISBN : 9782311002768
AEBISCHER B.	Analyse	Vuibert ISBN : 9782311002751
AHUÉS M. CHATELIN F.	Exercices de valeurs propres de matrices	Masson ISBN : 9782225817939
ALBERT L. Collectif	Cours et exercices d'informatique	Vuibert ISBN : 9782711786213
ALDON G.	Mathématiques dynamiques	Hachette éducation ISBN : 9782011712424
ALESSANDRI M.	Thèmes de géométrie	Dunod ISBN : 9782100045563
ALLOUCHE J. P. SHALLIT J.	Automatic sequences theory, applications, generalizations	Cambridge ISBN : 9780521823326
AMAR E. MATHERON É.	Analyse complexe	Cassini ISBN : 9782842250522
ANDLER M. BLOCH J. D. MAILLARD B.	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 1A - Topologie	Ellipses ISBN : 9782729802002
ANDLER M. BLOCH J. D. MAILLARD B.	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 1B - Fonctions numériques	Ellipses ISBN : 9782729802096
ANDLER M. BLOCH J. D. MAILLARD B.	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 2 - Suites et séries numériques	Ellipses ISBN : 9782729886168

ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 3 - Analyse fonctionnelle	Ellipses ISBN : 9782729888470
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 5 - Algèbre générale, polynômes	Ellipses ISBN : 9782729802045
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 6 - Algèbre linéaire, première partie	Ellipses ISBN : 9782729802053
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 7 - Algèbre linéaire, deuxième partie	Ellipses ISBN : 9782729802061
ANDREWS G.	Number Theory	Dover ISBN : 9780486682525
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in C	Cambrigde ISBN : 9780521607650
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in Java	Cambrigde ISBN : 9780521820608
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in ML	Cambrigde ISBN : 9780521607643
ARIBAUD F. **VAUTHIER J.**	Mathématiques. Première année de DEUG	ESKA ISBN : 9782869110103
ARNAUDIES J-M. **BERTIN J.**	Groupes, Algèbres et Géométrie, Tome I	Ellipses ISBN : 9782729843083
ARNAUDIES J-M. **BERTIN J.**	Groupes, Algèbres et Géométrie, Tome II	Ellipses ISBN : 9782729845940
ARNAUDIES J-M. **DELEZOIDE P.** **FRAYSSE H.**	Exercices résolus d'algèbre bilinéaire et géométrie du cours de Mathématiques tome 4	Dunod ISBN : 9782100031023
ARNAUDIES J-M. **DELEZOIDE P.** **FRAYSSE H.**	Exercices résolus d'analyse tome 2	Dunod ISBN : 9782100014712
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 1. Algèbre	Dunod ISBN : 9782040164508
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 2. Analyse	Dunod ISBN : 9782040165017
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 3. Compléments d'analyse	Dunod ISBN : 9782040165253
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 4. Algèbre bilinéaire et géométrie	Dunod ISBN : 9782040165505
ARNOLD A. **GUESSARIAN I.**	Mathématiques pour l'informatique	Ediscience ISBN : 9782100492305
ARNOLD V.	Chapitre supplémentaire de la théorie des équations différentielles ordinaires	MIR
ARNOLD V.	Équations différentielles ordinaires	MIR
ARNOLD V.	Lectures on partial differential equations	Springer Univsersitext ISBN : 9783540404484
ARTIN E.	Algèbre géométrique	Gauthier-Villars

ARTIN E.	Algèbre géométrique	Gabay ISBN : 9782876470896
ARTIN M.	Algebra	Prentice Hall ISBN : 9780130047635
AUBIN J.P.	Analyse fonctionnelle appliquée, Tome 2	PUF ISBN : 9782130392652
AUDIN M.	Géométrie de la licence à l'agrégation	Belin ISBN : 9782701121307
AUTEBERT J. M.	Calculabilité et décidabilité	Masson ISBN : 9782225826320
AUTEBERT J. M.	Théorie des langages et des automates	Masson ISBN : 9782225840012
AVEZ A.	Calcul différentiel	Masson ISBN : 9782225790799
BAASE S. **VAN GELDER A.**	Computer algorithms, Introduction to design & analysis	Addison Wesley ISBN : 9780201612448
BADOUEL E. **BOUCHERON S.** **DICKY A.** **PETIT A.** **SANTHA M.** **WEIL P.** **ZEITOUN M.**	Problèmes d'informatique fondamentale	Springer ISBN : 9783540423416
BAJARD J.-C.	Exercices d'algorithmique	International Thomson ISBN : 9782841801053
BAKHVALOV N.	Méthodes numériques	MIR
BARANGER J.	Analyse numérique	Hermann ISBN : 9782705660932
BASILI B. **PESKINE C.**	Algèbre	Diderot, éditeur Arts et Sciences ISBN : 9782841340002
BASS J.	Cours de Mathématiques, Tome 1	Masson
BASS J.	Cours de Mathématiques, Tome 2	Masson
BAUER F. L.	Decrypted secrets. Methods and maxims of cryptology	Springer ISBN : 9783540426745
BENDER C. **ORSZAG S.**	Advanced mathematical methods for scientists and engineers	Mc Graw Hill ISBN : 9780070044524
BENIDIR M. **BARRET M.**	Stabilité des filtres et des systèmes linéaires	Dunod ISBN : 9782100044320

BENOIST J. BOUALEM H. BROUZET R. CABOT A. CHABANOL M.L. FEJOZ J. LAZZARINI L.,MANSUY R. MESNAGER L. MESNAGER s. PENNEQUIN D. YGER A. ZARRABI M.	Mathématiques L2. Cours complet avec 700 tests et exercices corrigés	PEARSON EDUCATION ISBN : 9782744072253
BERCU B CHAFAI D.	Modélisation stochastique et simulation	DUNOD ISBN : 9782100513796
BERGER M.	Géométrie tome 2	NATHAN ISBN : 9782091917313
BERGER M.	Géométrie vivante	CASSINI ISBN : 9782842250355
BERGER M.	Géométrie, 1. Action de groupes, espaces affines et projectifs	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407016
BERGER M.	Géométrie, 2. Espaces euclidiens, triangles, cercles et sphères	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407014
BERGER M.	Géométrie, 3. Convexes et polytopes, polyèdres réguliers, aires et volumes	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407032
BERGER M.	Géométrie, 4. Formes quadratiques, quadriques et coniques	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407040
BERGER M.	Géométrie, 5. La sphère pour elle-même, géométrie hyperbolique, l'espace des sphères	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407059
BERGER M.	Géométrie, Index	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407067
BERGER M. BERRY J-P. PANSU P. SAINT RAYMOND X.	Problèmes de géométrie commentés et rédigés	CÉDIC/NATHAN ISBN : 9782712407202
BERGER M. GOSTIAUX B.	Géométrie différentielle	ARMAND, COLIN
BERLINE N. SABBAH C.	Groupes finis, Journées mathématiques X-UPS 2000	EDITIONS DE L'X ISBN : 9782730207515
BHATIA R.	Matrix analysis	SPRINGER ISBN : 9780387948461
BICKEL P.J. DOKSUM K.A.	Mathematical statistics	PRENTICE HALL ISBN : 9780135641470
BIGGS NORMAN L.	Discrete mathematics	OXFORD SCIENCE, PUBLICATIONS ISBN : 9780198534273
BLANCHARD A.	Les corps non commutatifs	PUF ISBN : 9782130322535

BOAS R.	A primer of real functions	Mathematical association of America ISBN : 9780883850222
BOISSONNAT J.-D. YVINEC M.	Géométrie algorithmique	Ediscience ISBN : 9782840741121
BON J.L.	Fiabilité des systèmes	Masson ISBN : 9782225849923
BONNANS J.F. GILBERT J.C. LEMARECHAL C. SAGASTIZABAL C.	Optimisation numérique	Springer ISBN : 9783540631835
BOUALEM H. BROUZET R. ELSNER B. KACZMAREK L. PENNEQUIN D.	Mathématiques L1. Cours complet avec 1000 tests et exercices corrigés	Pearson Education ISBN : 9782744072581
BOURBAKI N.	Éléments de Mathématique, Fascicule XIII Intégration, chapitres I à IV	Hermann
BOURBAKI N.	Éléments de Mathématique, Fonctions d'une variable réelle, chapitres I à III	Hermann
BOURBAKI N.	Éléments de Mathématique, Fonctions d'une variable réelle, chapitres I à VII	Hermann
BOURBAKI N.	Éléments de Mathématique, Topologie générale, chapitres V à X	Hermann
BOURGADE P.	Olympiades internationales de mathématiques	Cassini ISBN : 9782842250874
BOUVIER A. RICHARD D.	Groupes	Hermann ISBN : 9782705613838
BREMAUD P.	Introduction aux probabilités et aux chaînes de Markov	Springer ISBN : 9783540314219
BREZIS H.	Analyse fonctionnelle, théorie et applications	Masson ISBN : 9782225771989
BRIANE M. PAGES G.	Théorie de l'intégration, Cours et exercices, 3ème édition	Vuibert ISBN : 9782711771264
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 ISBN : 9780521312387
CABANE R. LEBOEUF C.	Algèbre linéaire, 1. Espaces vectoriels , Polynômes	Ellipses ISBN : 9782729887049
CABANE R. LEBOEUF C.	Algèbre linéaire, 2. Matrices et réduction	Ellipses ISBN : 2729890297
CABANNES H.	Cours de Mécanique générale	Dunod
CALAIS J.	Éléments de théorie des anneaux vol I	PUF ISBN : 9782130523529
CALAIS J.	Éléments de théorie des groupes	PUF ISBN : 9782130384656

CANDELPERGHER B.	Calcul intégral	Cassini ISBN : 9782842250539
CARREGA J.C.	Théorie des corps	Hermann ISBN : 9782705614492
CARTAN H.	Calcul différentiel	Hermann ISBN : 9782705658793
CARTAN H.	Formes différentielles	Hermann ISBN : 9782705667023
CARTAN H.	Théorie élémentaire des fonctions analytiques	Hermann ISBN : 9782705652159
CARTAN H.	Cours de calcul différentiel	0
CARTON O.	Langages formels. Calculabilité et complexité	Vuibert ISBN : 9782711720774
CASTI J.	Reality rules tome I	Wiley ISBN : 9780471570219
CASTI J.	Reality rules tome II	Wiley ISBN : 9780471577980
CASTLEMAN K.R.	Digital image processing	Prentice Hall ISBN : 9780132114677
CHABAT B.	Introduction à l'analyse complexe tome I	MIR ISBN : 9785030016287
CHAFAI D.	Probabilités. Préparation à l'agrégation interne	E-livre ISBN : 9782954171005
CHAMBERT-LOIR A.	Algèbre corporelle	Editions de l'X ISBN : 9782730212175
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 2	Masson ISBN : 9782225848858
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 3	Masson ISBN : 9782225853852
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.** **MAILLOT V.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 1 (seconde édition revue et corrigée)	Masson ISBN : 9782225855160
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui	Cassini ISBN : 9782842250072
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 1	Cassini ISBN : 9782842250706
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 2	Cassini ISBN : 9782842250583
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 3	Cassini ISBN : 9782842250829
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 3	Cassini ISBN : 9782842250829
CHARPENTIER E. **NILKOLSKI N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 4	Cassini ISBN : 9782842251147
CHATELIN F.	Valeurs propres de matrices	Masson ISBN : 9782225809682
CHILDS L.	A concrete introduction to Higher Algebra	Springer Verlag

CHOIMET D. **QUEFFELEC H.**	Analyse mathématique	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352107
CHOQUET G.	Cours d'analyse Tome II : Topologie	Masson ISBN : 9782225599726
CHOQUET G.	L'enseignement de la géométrie	Hermann
CHRISTOL G. **PILIBOSSIAN P.** **YAMMINE S.**	Algèbre 1	Ellipses ISBN : 9782729845087
CHRISTOL G. **PILIBOSSIAN P.** **YAMMINE S.**	Algèbre 2	Ellipses ISBN : 9782729896898
CLAESSENS **L.**	Mes notes de mathématiques	E-livre ISBN : 9782954093611
COGIS O. **ROBERT C.**	Au-delà des ponts de Königsberg. Théorie des graphes. Problèmes, théorie, algorithmes	Vuibert ISBN : 9782711753215
COHN P.M.	Algebra Volume 1	John Wiley ISBN : 9780471101699
COLLET H. **GIRARD B.** **PERRIER C.**	Mathématiques BTS industriel	Nathan ISBN : 9782091790886
COLLET P.	Modeling binary data	Chapman and Hall ISBN : 9780412388002
COLMEZ **P.**	Éléments d'analyse et d'algèbre (et de théorie des nombres)	Editions de l'X ISBN : 9782730215879
COMBROUZE A.	Probabilités et statistiques	PUF ISBN : 9782130460299
CORI R. **LASCAR D.**	Logique mathématique, 1. Calcul propositionnel, algèbre de Boole, calcul des prédicats	Dunod ISBN : 9782100054527
CORI R. **LASCAR D.**	Logique mathématique, 2. Fonctions récursives, théorème de Gödel, théorie des ensembles, théorie des modèles	Dunod ISBN : 9782100054534
CORMEN T. H. **LEISERSON C. E.** **RIVEST R. L.** **STEIN C.**	Introduction à l'algorithmique	Dunod ISBN : 9782100039227
COTRELL M. **GENON-CATALOT V.** **DUHAMEL C.** **MEYRE T.**	Exercices de probabilités	Cassini ISBN : 9782842250683
COURANT R. **HILBERT D.**	Methods of Mathematical Physics, Volume 1	John Wiley ISBN : 9780471504474
COURANT R. **HILBERT D.**	Methods of Mathematical Physics, Volume 2	John Wiley ISBN : 9780471504399
COUSINEAU G. **MAUNY M.**	Approche fonctionnelle de la programmation	Ediscience ISBN : 9782840741145
COX D.	Galois theory	Wiley ISBN : 9780471434191
COXETER H.S.M.	Introduction to Geometry	John Wiley ISBN : 9780471504580

CVITANOVIC P.	Universality in Chaos	Institute of Physics, Publishing ISBN : 9780852742600
DACUNHA-CASTELLE D. **DUFLO M.**	Exercices de Probabilités et Statistiques, 1. Problèmes à temps fixe	Masson ISBN : 9872225779023
DACUNHA-CASTELLE D. **DUFLO M.**	Probabilités et Statistiques, 1. Problèmes à temps fixe	Masson ISBN : 9872225745476
DACUNHA-CASTELLE D. **REVUZ D.** **SCHREIBER M.**	Recueil de problèmes de calcul des probabilités	Masson
DAMPHOUSSE P.	Petite introduction à l'algorithmique	Ellipses ISBN : 9782729823009
DANTZER J.-F.	Mathématiques pour l'agrégation interne, Analyse et probabilités. Cours et exercices corrigés	Vuibert ISBN : 9782711740260
DAVID R. **NOUR K.** **RAFFALI C.**	Introduction à la logique, Théorie de la démonstration	Dunod ISBN : 9782100067961
DE KONNINCK J.M. **MERCIER A.**	Introduction à la théorie des nombres	Modulo
DE SEGUINS PAZZIS C.	Invitation aux formes quadratiques	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352190
DEHEUVELS P.	L'intégrale	PUF
DEHEUVELS P.	L'intégrale	Que-sais-je ? PUF
DEHEUVELS R.	Formes quadratiques et groupes classiques	PUF
DEHORNOY P.	Complexité et décidabilité	Springer ISBN : 9782287004165
DEHORNOY P.	Mathématiques de l'informatique	Dunod ISBN : 9782100044467
DELTHEIL R. **CAIRE D.**	Géométrie et compléments	Jacques Gabay ISBN : 9782876470500
DEMAILLY J.P.	Analyse numérique et équations différentielles	PU Grenoble ISBN : 9782706104213
DEMAZURE M.	Catastrophes et bifurcations	Ellipses ISBN : 9782729886469
DEMAZURE M.	Cours d'Algèbre	Cassini ISBN : 9782842251277
DEMAZURE M.	Cours d'algèbre : primalité, divisibilité, codes	Cassini ISBN : 9782842251277
DEMBO A. **ZEITOUNI O.**	Large deviations techniques and applications	Springer ISBN : 9780387984063
DESCHAMPS **WARUSFEL** **MOULIN** **RUAUD** **MIQUEL** **SIFRE**	Mathématiques, cours et exercices corrigés, 1ère année MPSI, PCSI, PTSI	Dunod ISBN : 9782100039319

DESCHAMPS **WARUSFEL** **MOULIN** **RUAUD** **MIQUEL** **SIFRE**	Mathématiques, cours et exercices corrigés, 2ème année MP, PC, PSI	Dunod ISBN : 9782100054121
DESCOMBES R.	Éléments de théorie des nombres	PUF ISBN : 9782130392149
DEVANZ C. **ELHODAIBI M.**	Exercices corrigés de Mathématiques posés à l'oral des Ensi, Tome 2	Ellipses
DI MENZA L.	Analyse numérique des équations aux dérivées partielles	Cassini ISBN : 9782842250737
DIEUDONNÉ J.	Algèbre linéaire et géométrie élémentaire	Hermann ISBN : 9782705655006
DIEUDONNÉ J.	Calcul infinitésimal	Hermann
DIEUDONNÉ J.	Éléments d'Analyse., Éléments d'Analyse Tome 2	Gauthier-Villars ISBN : 9782876472120
DIEUDONNÉ J.	Éléments d'Analyse., Fondements de l'analyse moderne	Gauthier-Villars ISBN : 9782876472112
DIEUDONNÉ J.	Sur les groupes classiques	Hermann ISBN : 9782705610401
DIXMIER J.	Cours de Mathématiques du premier cycle, Deuxième année	Gauthier-Villars ISBN : 9782040157159
DIXMIER J.	Cours de Mathématiques du premier cycle, Première année	Gauthier-Villars ISBN : 9782100057702
DOWEK **G.** **LEVY J.-J.**	Introduction à la théorie des langages de programmation	Editions de l'X ISBN : 9782730213332
DRAPER N.R. **SMITH H.**	Applied regression analysis	Wiley ISBN : 9780471170822
DUBERTRET G.	Initiation à la cryptographie	Vuibert ISBN : 9782711770878
DUBUC S.	Géométrie plane	PUF ISBN : 9782130316688
DUGAC P.	Histoire de l'analyse., Autour de la notion de limite et de ses voisinages	Vuibert ISBN : 9782711753116
DYM H. **Mac KEAN H.P.**	Fourier series and integrals	Academics Press ISBN : 9870122264519
EBBINGHAUS **HERMES** **HIRZEBRUCH** **KOECHER** **LAMOTKE** **MAINZER** **NEUKIRSCH** **PRESTEL** **REMMERT**	Les Nombres	Vuibert ISBN : 9782711789016
EIDEN J.D.	Géométrie analytique classique	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352084

EL KACIMI ALAOUI A. QUEFFÉLEC H. SACRÉ C. VASSALLO V.	Quelques aspects des mathématiques actuelles	Ellipses ISBN : 9782729868352
ENGEL A.	Solutions d'expert vol. 1	Cassini ISBN : 9782842250515
ENGEL A.	Solutions d'expert vol. 2	Cassini ISBN : 9782842250553
EPISTEMON L. (OVAERT J.L. VERLEY J.L.)	Exercices et problèmes, Algèbre	Cédic/Nathan
EPISTEMON L. (OVAERT J.L. VERLEY J.L.)	Exercices et problèmes, Analyse. Volume 1	Cédic/Nathan
EXBRAYAT J.M. MAZET P.	Notions modernes de mathématiques, Algèbre 1 : Notions fondamentales de la théorie des ensembles	Hatier
EXBRAYAT J.M. MAZET P.	Notions modernes de mathématiques, Analyse 1 : Construction des espaces fondamentaux de l'analyse	Hatier
EXBRAYAT J.M. MAZET P.	Notions modernes de mathématiques, 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.	Analyse sur les groupes de Lie	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352008
FARAUT J. KHALILI E.	Arithmétique, Cours, Exercices et Travaux Pratiques sur Micro-Ordinateur	Ellipses ISBN : 9872729890122
FELLER W.	An introduction to Probability theory & its applications, Volume 1	Wiley
FELLER W.	An introduction to Probability theory & its applications, Volume 2	Wiley
FERRIER J.P.	Mathématiques pour la licence	Masson ISBN : 9782225804182
FLORY G.	Topologie, analyse exercices tome 1	Vuibert ISBN : 9782711721467
FLORY G.	Topologie, analyse exercices tome 2	Vuibert
FLORY G.	Topologie, analyse exercices tome 3	Vuibert
FLORY G.	Topologie, analyse exercices tome 4	Vuibert
FONTANEZ C. RANDE B.	Les clés pour les Mines	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352176
FRANCHINI J. JACQUENS J-C.	Mathématiques Spéciales, Algèbre	Ellipses ISBN : 9782729856571
FRANCINOU S. GIANELLA H.	Exercices de Mathématiques pour lagrégation Algèbre 1	Masson ISBN : 9782225843662

FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Algèbre 1	CASSINI ISBN : 9782842250300
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Algèbre 1 (seconde édition)	CASSINI ISBN : 9782842251321
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Algèbre 2	CASSINI ISBN : 9782842251420
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Algèbre 3	CASSINI ISBN : 9782842250928
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Analyse 1	CASSINI ISBN : 9782842251352
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Analyse 2	CASSINI ISBN : 9782842251413
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Analyse 3	CASSINI ISBN : 9782842250935
FRENKEL J.	Géométrie pour l'élève-professeur	HERMANN
FRESNEL J.	Géométrie	IREM DE BORDEAUX
FRESNEL J.	Géométrie algébrique	UFR MATHS BORDEAUX
FRESNEL J.	Méthodes modernes en géométrie	HERMANN ISBN : 9782705614379
FRESNEL J. **MATIGNON M.**	Algèbre et Géométrie	HERMANN ISBN : 9782705680701
FUHRMANN P.	A polynomial approach to linear algebra	SPRINGER ISBN : 9780387946436
FULTON W.	Algebraic Topology	SPRINGER ISBN : 9780387943275
GABRIEL P.	Matrices, géométrie, algèbre linéaire	CASSINI ISBN : 9782842250188
GANTMACHER F.R.	Théorie des matrices, Tome 1	DUNOD
GANTMACHER F.R.	Théorie des matrices, Tome 2	DUNOD
GAREY M. **JOHNSON D.S.**	Computers and Intractability	FREEMAN AND CO ISBN : 9780716710455
GARLING D.J.H.	Inequalities	CAMBRIDGE ISBN : 9780521699730
GATHEN J. **GERHARD J.**	Modern Computer algebra	CAMBRIDGE ISBN : 9780521826464
GENET J.	Mesure et intégration. Théorie élémentaire. Cours et exercices résolus	VUIBERT
GHIDAGLIA J.M.	Petits problèmes d'analyse	SPRINGER ISBN : 9783540640745
GINDIKIN S.	Histoires de mathématiciens et de physiciens	CASSINI ISBN : 9782842250232

GOBLOT R.	Algèbre commutative	Masson ISBN : 9782225853081
GOBLOT R.	Thèmes de géométrie	Masson ISBN : 9782225831492
GODEMENT R.	Analyse mathématique 1	Springer ISBN : 9783540632122
GODEMENT R.	Analyse mathématique 2	Springer ISBN : 9783540634140
GODEMENT R.	Analyse mathématique 3	Springer ISBN : 9783540661429
GODEMENT R.	Cours d'Algèbre	Hermann
GOLUB G.H. **VAN LOAN C.F.**	Matrix computations	Wiley ISBN : 9780801854149
GONNORD S. **TOSEL N.**	Thèmes d'Analyse pour l'agrégation, Topologie et Analyse fonctionnelle	Ellipses ISBN : 9782729896942
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 1 - Algèbre	PUF ISBN : 9782130458357
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 2 - Topologie et analyse réelle	PUF ISBN : 9782130458364
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 3 - Analyse fonctionnelle et calcul différentiel	PUF ISBN : 9782130458494
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 4 - Géométrie affine et métrique	PUF ISBN : 9782130470274
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 5 - Géométrie : arcs et nappes	PUF ISBN : 9782130471318
GOURDON X.	Les maths en tête, mathématiques pour M', Algèbre	Ellipses ISBN : 9782729894320
GOURDON X.	Les maths en tête, mathématiques pour M', Analyse	Ellipses ISBN : 9782729844493
GRAHAM **KNUTH**	Concrete mathematics	Addison Wesley ISBN : 9780201558029
GRAMAIN A.	Géométrie élémentaire	Hermann ISBN : 9782705663339
GRANJON Y.	Informatique, Algorithmes en Pascal et en langage C	Dunod ISBN : 9782100485284
GREUB W.	Linear Algebra	Springer ISBN : 9780387901107
GRIMMET G. **WELSH D.**	Probability (an introduction)	Oxford ISBN : 9780198532644
GUJARATI D. N.	Basic Econometrics	Wiley ISBN : 9780071139649
GUSFIELD D.	Algorithms on strings, trees and sequences	Cambridge ISBN : 9780521585194
HABSIEGER L. **MARTEL V.**	Exercices corrigés posés à l'oral des ENSI Tome 1 Analyse	Ellipses
HAMMAD P.	Cours de probabilités	Cujas

HAMMAD P. **TARANCO A.**	Exercices de probabilités	CUJAS ISBN : 9872254850707
HAMMER R. **HOCKS M.** **KULISH U.** **RATZ D.**	C++ toolbox for verified computing	SPRINGER ISBN : 9783540591108
HARDY G.H. **WRIGH E.M.**	An introduction to the theory of numbers	OXFORD
HAREL D. **FELDMAN Y.**	Algorithmics. The spirit of computing	ADDISON WESLEY ISBN : 9780321117847
HENNEQUIN P.L. **TORTRAT A.**	Théorie des probabilités et quelques applications	MASSON
HENRICI P.	Applied and Computational Complex Analysis, Volume 1	WILEY-INTERSCIENCE
HENRICI P.	Applied and Computational Complex Analysis, Volume 2	WILEY-INTERSCIENCE
HENRICI P.	Applied and Computational Complex Analysis, Volume 3	WILEY-INTERSCIENCE
HERVE M.	Les fonctions analytiques	PUF
HINDRY M.	Arithmétique	CALVAGE ET MOUNET ISBN : 9782916352046
HIRSCH F. **LACOMBE G.**	Éléments d'analyse fonctionnelle	MASSON ISBN : 9782225855733
HOCHARD M.	Algèbre, analyse, géométrie	VUIBERT ISBN : 9782711771844
HOPCROFT J.E. **MOTWANI R.** **ULLMAN J. D.**	Introduction to automata theory, Languages and Computation	ADDISON WESLEY ISBN : 9780321210296
HOUZEL C.	Analyse mathématique : cours et exercices	BELIN
INGRAO B.	Coniques projectives, affines et métriques	CALVAGE ET MOUNET ISBN : 9782916352121
IRELAND K. **ROSEN M.**	A Classical Introduction to Modern Numbers Theory	SPRINGER VERLAG ISBN : 9780387906258
ISAAC R.	Une initiation aux probabilités (Trad. R. Mansuy)	VUIBERT-SPRINGER
ITARD J.	Les nombres premiers	QUE SAIS-JE ? PUF
JACOBSON N.	Basic Algebra, Tome I	FREEMAN AND CO
JACOBSON N.	Basic Algebra, Tome II	FREEMAN AND CO
KAHANE J.P. **LEMARIE-RIEUSSET P.-G.**	Séries de Fourier et ondelettes	CASSINI ISBN : 9782842250010
KERBRAT Y. **BRAEMER J-M.**	Géométrie des courbes et des surfaces	HERMANN
KERNIGHAN B. **RITCHIE D.**	Le langage C	DUNOD ISBN : 9782100487349
KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 1 : Fundamental algorithms	ADDISON-WESLEY ISBN : 9780201896831

KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 2 : Seminumerical algorithms	Addison-Wesley ISBN : 9780201896842
KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 3 : Sorting and Searching	Addison-Wesley ISBN : 9780201896850
KOBLITZ N.	A course in number theory and cryptography	Springer ISBN : 9780387942933
KOLMOGOROV A. **FOMINE S.**	Éléments de la théorie des fonctions et de l'analyse fonctionnelle	Ellipses ISBN : 9696748024722
KÖRNER T.W.	Exercises for Fourier analysis	Cambridge ISBN : 9780521438490
KÖRNER T.W.	Fourier analysis	Cambridge ISBN : 9780521389914
KREE P.	Introduction aux Mathématiques et à leurs applications fondamentales M.P.2	Dunod
KRIVINE H.	Exercices de mathématiques pour physiciens	Cassini ISBN : 9782842250379
KRIVINE J.L.	Théorie axiomatique des ensembles	PUF
KRIVINE J.L.	Théorie des ensembles	Cassini ISBN : 9782842250140
KUNG J.	Combinatorics	Cambridge ISBN : 9780521737944
LAAMRI EL HAJ	Mesures, intégration et transformée de Fourier, des fonctions	Dunod ISBN : 9782100057009
LACOMME P. **PRINS C.** **SEVAUX M.**	Algorithmes de graphes	Eyrolles ISBN : 9782212113853
LAFONTAINE J.	Introduction aux variétés différentielles	PUF ISBN : 9782706106545
LALEMENT R.	Logique, réduction, résolution	Masson ISBN : 9782225821042
LANG S.	Algebra	Addison-Wesley
LANG S.	Algèbre linéaire, Tome 1	InterEditions ISBN : 9872729600011
LANG S.	Algèbre linéaire, Tome 2	InterEditions ISBN : 9872729600028
LANG S.	Linear Algebra	Addison-Wesley
LAROCHE F.	Escapades arithmétiques	Ellipses ISBN : 9782729860097
LASCAR D.	La théorie des modèles en peu de maux	Cassini ISBN : 9782842251376
LAVILLE G.	Courbes et surfaces	Ellipses ISBN : 9782729818562
LAVILLE G.	Géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	Ellipses ISBN : 9782729878429
LAX P. D.	Functional analysis	Wiley ISBN : 9780471556046
LAX P. D.	Linear Algebra	Wiley

LE BRIS G.	Maple Sugar : Initiation progressive à Maple	CASSINI ISBN : 9782842250195
LEBOEUF C. **GUEGAND J.,ROQUE J.-L.** **LANDRY P.**	Exercices corrigés de probabilités	ELLIPSES ISBN : 2729887296
LEBORGNE D.	Calcul différentiel et géométrie	PUF
LEBOSSÉ C. **HÉMERY C.**	Géométrie. Classe de Mathématiques	JACQUES GABAY
LEHMANN D. **SACRE C.**	Géométrie et topologie des surfaces	PUF
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 1 : Topologie	MASSON ISBN : 9872225806689
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 3 : Intégration et sommation	MASSON ISBN : 9782225806797
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 4 : Analyse en dimension finie	MASSON ISBN : 9782225808784
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 5 : Analyse fonctionnelle	MASSON ISBN : 9782225812262
LEHNING H. **JAKUBOWICZ D.**	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 2 : Dérivation	MASSON ISBN : 9782225808760
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 1 - Algèbre 1	ELLIPSES ISBN : 9782729888330
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 2 - Algèbre et géométrie	ELLIPSES ISBN : 9782729888349
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 3 - Analyse 1	ELLIPSES ISBN : 9782729801531
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 4 - Analyse 2	ELLIPSES ISBN : 9782729888357
LELONG-FERRAND J.	Géométrie différentielle	MASSON
LELONG-FERRAND J.	Les fondements de la géométrie	PUF
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 1 pour A-A' : Algèbre	DUNOD
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 1 pour M-M' : Algèbre	DUNOD ISBN : 9782040070748
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 2 : Analyse	DUNOD ISBN : 9782040071356
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 3 : Géométrie et cinématique	DUNOD
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 4 : Équations différentielles, intégrales multiples	DUNOD ISBN : 9782040026066
LESIEUR L. **MEYER Y.** **JOULAIN C.** **LEFEBVRE J.**	Algèbre linéaire, géométrie	ARMAND COLIN ISBN : 9782200210397

LION G.	Algèbre pour la licence, Cours et exercices (2ème édition)	Vuibert ISBN : 9782711789603
LIRET **F.**	Maths en pratique à l'usage des étudiants	Dunod ISBN : 9782100496297
LOTHAIRE M.	Algebraic combinatorics on words	Cambridge ISBN : 9780521812207
MAC LANE S. **BIRKHOFF G.**	Algèbre, 1 : Structures fondamentales	Gauthier-Villars
MAC LANE S. **BIRKHOFF G.**	Algèbre, 2 : Les grands théorèmes	Gauthier-Villars
MACKI J. **STRAUSS A.**	Introduction to optimal control theory	Springer ISBN : 9780387906249
MAKAROV B.M. **GOLUZINA M.G.** **LODKIN A.A.** **PODKORYTOV A.N.**	Problèmes d'analyse réelle	Cassini ISBN : 9782842251246
MALLIAVIN M. P.	Les groupes finis et leurs représentations complexes	Masson ISBN : 9782225699719
MALLIAVIN M. P. **WARUSFEL A.**	Algèbre linéaire et géométrie classique. Exercices	Masson ISBN : 9782225686408
MALLIAVIN P.	Géométrie différentielle intrinsèque	Hermann
MANIVEL	Fonctions symétriques, polynômes de Schubert	SMF ISBN : 2856290663
MANSUY R. **RANDÉ B.**	Les clés pour l'X (2)	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352152
Manuels Matlab	Using Matlab version 5	Matlab
MASCART H. **STOKA M.**	Fonctions d'une variable réelle, Tome 2 : Exercices et corrigés	PUF
MASCART H. **STOKA M.**	Fonctions d'une variable réelle, Tome 3 : Exercices et corrigés	PUF ISBN : 9782130401469
MASCART H. **STOKA M.**	Fonctions d'une variable réelle, Tome 4 : Exercices et corrigés	PUF ISBN : 9782130401469
MAWHIN J.	Analyse : fondements, technique, évolutions	De Boeck Université ISBN : 9782804116705
MAZET P.	Algèbre et géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	Ellipses ISBN : 9782729846725
MENEZES A. **VAN OORSCHOT P.** **VANSTON S.**	Handbook of applied cryptography	CRC Press ISBN : 9780849385230
MÉRINDOL J.Y.	Nombres et algèbre	EDP Sciences ISBN : 9782868838209
MERKIN D.	Introduction to the theory of stability	Springer ISBN : 9780387947617
MÉTIVIER M.	Probabilités : dix leçons d'introduction., École Polytechnique	Ellipses ISBN : 9782729887164
MEUNIER	Agrégation interne de Mathématiques, Exercices d'oral corrigés et commentés, Tome 2	PUF ISBN : 9782130489801

MEUNIER P.	Algèbre avec applications à l'algorithmique et à la cryptographie	Ellipses ISBN : 9782729852184
MEYRE T.	Séries, intégrales et probabilités. Préparation à l'agrégation interne	E-livre
MEYRE T.	Probabilités. Cours et exercices corrigés	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352374
MIGNOTTE M.	Mathématiques pour le calcul formel	PUF ISBN : 9782130422594
MITCHELL J. C.	Concepts in programming languages	Cambridge ISBN : 9780521780988
MNEIMNÉ R.	Éléments de géométrie : action de groupes	Cassini ISBN : 9782842250034
MNEIMNÉ R.	Réduction des endomorphismes	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352015
MNEIMNÉ R. **TESTARD F.**	Introduction à la théorie des groupes de Lie classiques	Hermann
MOISAN J. **VERNOTTE A.**	Exercices corrigés de mathématiques spéciales, Analyse : topologie et séries	Ellipses
MOISAN J. **VERNOTTE A.** **TOSEL N.**	Exercices corrigés de mathématiques spéciales, Analyse : suites et séries de fonctions	Ellipses ISBN : 9782729892937
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Algèbre 1 MPSI, PCSI, PTSI	Dunod ISBN : 9782100029747
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Algèbre 2 MP, PSI, PC, PT	Dunod ISBN : 9782100033126
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 2 MPSI, PCSI, PTSI	Dunod ISBN : 9782100030767
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 3 MP, PSI, PC, PT	Dunod ISBN : 9782100033669
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 4 MP, PSI, PC, PT	Dunod ISBN : 9782100034666
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Exercice d'algèbre et géométrie MP	Dunod ISBN : 9782100059775
MUTAFIAN C.	Le défi algébrique, Tome 1	Vuibert ISBN : 9782711721418
MUTAFIAN C.	Le défi algébrique, Tome 2	Vuibert
NAGEL E. **NEWMAN J. R.** **GÖDEL K.** **GIRARD J. Y.**	Le théorème de Gödel	Seuil ISBN : 9782020106528
NAUDIN P. **QUITTE C.**	Algorithmique algébrique avec exercices corrigés	Masson ISBN : 9782225827037
NIVEN I.	Irrational numbers	Mathematical Association of America ISBN : 9870883850112
NORRIS J.R.	Markov chains	Cambridge ISBN : 9780521633963

O'ROURKE J.	Computational geometry in C	CAMBRIDGE ISBN : 9780521649766
OPREA J.	Differential geometry	PRENTICE HALL ISBN : 9780133407389
OUVRARD J.Y.	Probabilités 1 (capes, agrégation)	CASSINI ISBN : 9782842250041
OUVRARD J.Y.	Probabilités 1 (capes, agrégation)	CASSINI ISBN : 9782842250041
OUVRARD J.Y.	Probabilités 2 (maitrise, agrégation)	CASSINI ISBN : 9782842250102
PAPADIMITRIOU C.	Computational complexity	ADDISON WESLEY ISBN : 9780201530827
PAPINI O. **WOLFMANN J.**	Algèbre discrète et codes correcteurs	SPRINGER ISBN : 9783540602262
PARDOUX E.	Processus de Markov et applications	DUNOD ISBN : 9782100512171
PEDOE D.	Geometry - A comprehensive course	DOVER ISBN : 9780486658124
PERKO L.	Differential equation and dynamical systems	SPRINGER ISBN : 9780387947785
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	ELLIPSES ISBN : 9782729855529
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	ENSJF
PERRIN D.	Mathématiques d'école : nombres, mesure, géométrie	CASSINI ISBN : 9782842250577
PERRIN-RIOU B.	Algèbre, arithmétique et MAPLE	CASSINI ISBN : 9782842250218
PETAZZZONI B.	Seize problèmes d'informatique	SPRINGER ISBN : 9783540673873
PETKOVSEK M. **WILF H.** **ZEILBERGER D.**	A=B	A.K. PETERS ISBN : 9781568810638
PEVZNER P.	Computational molecular biology	MIT PRESS ISBN : 9780262161978
PÓLYA G. **SZEGÖ G.**	Problems and Theorems in Analysis, Volume I	SPRINGER VERLAG ISBN : 9783540636404
PÓLYA G. **SZEGÖ G.**	Problems and Theorems in Analysis, Volume II	SPRINGER VERLAG ISBN : 9783540636862
POMMELLET A.	Agrégation de Mathématiques. Cours d'Analyse	ELLIPSES
POMMELLET A.	Agrégation de mathématiques. Cours d'analyse	ELLIPSES
PRASOLOV V.	Polynomials	SPRINGER ISBN : 9783540407140
PRASOLOV V.	Problèmes et théorèmes d'algèbre linéaire	CASSINI ISBN : 9782842250676
PREPARATA F. **SHAMOS M.**	Computational geometry, an introduction	SPRINGER ISBN : 9780387961316

PRESS W. **FLANNERY B.** **TEUKOLSKI S.** **VETTERLING W.**	Numerical recipes in Pascal	Cambridge ISBN : 9780521375160
PUTZ J. F.	Maple animation	Chapman and Hall ISBN : 9781584883784
QUEFFELEC H. **ZUILY C.**	Éléments d'analyse	Dunod ISBN : 9782225848841
QUEFFELEC H. **ZUILY C.**	Éléments d'analyse pour l'agrégation	Masson ISBN : 9782225848841
RALSTON A. **RABINOWITCH P.**	A first course in numerical analysis	International Student Edition
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 1- Algèbre	Masson
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 2- Algèbre et applications à la géométrie	Masson ISBN : 9782225634048
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 3- Topologie et éléments d'analyse	Masson ISBN : 9782225771873
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 4- Séries et équations différentielles	Masson ISBN : 9782225840679
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 5- Applications de l'analyse à la géométrie	Masson
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Exercices avec solutions, Algèbre	Masson ISBN : 9782225813146
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Exercices avec solutions, Analyse 1	Masson ISBN : 9782225800986
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Exercices avec solutions, Analyse 2	Masson ISBN : 9782225805783
RAMIS J.- P. **WARUSFEL A.** **BUFF X.** **ARNIER J.** **HALBERSTADT E.** **LACHAND-ROBERT T.** **MOULIN F.** **SAULOY J.**	Mathématiques Tout-en-un pour la licence, Cours complet avec 270 exercices corrigés, niveau L1	Dunod ISBN : 9782100496143
RANDÉ B. **TAÏEB F.**	Les clés pour l'X	0 ISBN : 9782916352091
RANDÉ **B.**	Les carnets indiens de Srinivasa Ramanujan	Cassini ISBN : 9782842250652
RAO C.R.	Linear statistical inference and its application	Wiley ISBN : 9780471708232

REINHARDT F. **SOEDER H.**	Atlas des mathématiques	Livre de Poche ISBN : 9782253130130
REMMERT R.	Classical topics in complex function theory	Springer ISBN : 9780387982212
RIDEAU F.	Exercices de calcul différentiel	Hermann
RIESZ E. **NAGY B. SZ**	Leçons d'analyse fonctionnelle	Gauthier-Villars
RIO E.	Théorie asymptotique des processus aléatoires faiblement dépendants	Springer ISBN : 9783540659792
ROBERT C.	Contes et décomptes de la statistique - Une initiation par l'exemple	Vuibert ISBN : 9782711753208
ROLLAND R.	Théorie des séries, 2- Séries entières	Cédic/Nathan
ROMBALDI J.E.	Analyse matricielle	EDP Sciences ISBN : 9782868834256
ROMBALDI J.E.	Interpolation, approximation, Analyse pour l'agrégation	Vuibert ISBN : 9782711771868
ROMBALDI J.E.	Thèmes pour l'agrégation de mathématiques	EDP Sciences ISBN : 9772868834073
ROUDIER H.	Algèbre linéaire. Cours et exercices	Vuibert ISBN : 9782711724857
ROUSSEAU Y. **SAINT-AUBIN Y.**	Mathématiques et Technologie	Springer (SUMAT) ISBN : 9780387692128
ROUVIERE F.	Petit guide de calcul différentiel à l'usage de la licence et de l'agrégation	Cassini ISBN : 9782842250089
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
SA EARP R. **TOUBIANA E.**	Introduction à la géométrie hyperbolique et aux surfaces de Riemann	Cassini ISBN : 9782842250850
SAINT RAYMOND J.	Topologie, calcul différentiel et variable complexe	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352039
SAKAROVITCH J.	Eléments de théorie des automates	Vuibert ISBN : 9782711748075
SAKS S. **ZYGMUND A.**	Fonctions analytiques	Masson
SAMUEL P.	Théorie algébrique des nombres	Hermann
SARMANT M.C. **MERLIER T.** **PILIBOSSIAN Ph.** **YAMMINE S.**	Analyse 1	Ellipses ISBN : 9782729898519
SAVIOZ J.C.	Algèbre linéaire, cours et exercices	Vuibert ISBN : 9782711789849
SCHNEIER B.	Applied cryptography	Wiley ISBN : 9780471117094

SCHWARTZ L.	Analyse, I Topologie générale et analyse fonctionnelle	Hermann
SCHWARTZ L.	Analyse, II Calcul différentiel et équations différentielles	Hermann ISBN : 9782705661625
SCHWARTZ L.	Cours d'Analyse	Hermann
SCHWARTZ L.	Méthodes mathématiques pour les sciences physiques	Hermann
SEDGEWICK R.	Algorithmes en Java	Pearson Education ISBN : 9782744070242
SEDGEWICK R.	Algorithmes en langage C	Dunod ISBN : 9780201314525
SEDGEWICK R.	Algorithms	Addison Wesley ISBN : 9782744070242
SELBERHERR S. **STIPPEL H.** **STRASSER E.**	Simulation of semi-conductor devices and processes	Springer ISBN : 9780387818006
SERRE D.	Les matrices, théorie et pratique	Dunod ISBN : 9782100055159
SERRE J.P.	Cours d'arithmétique	PUF
SHAPIRO H.	Introduction to the theory of numbers	Dover ISBN : 9780486466699
SIDLER J.C.	Géométrie Projective	Dunod ISBN : 9782100052349
SIPSER M.	Introduction to the theory of computation	Thomson C.T. ISBN : 9780619217648
SKANDALIS G.	Topologie et analyse	Dunod ISBN : 9782100045310
SKANDALIS G.	Algèbre générale et algèbre linéaire. Préparation à l'agrégation interne	E-livre
SKANDALIS G.	Algèbre générale et algèbre linéaire et un peu de géométrie. Agrégation interne	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352350
SKANDALIS G.	Analyse-Résumés et exercices. Préparation à l'agrégation interne	E-livre
STANLEY R.P.	Enumerative combinatorics Volume I	Waddworth and Brooks ISBN : 9780534065465
STEWART I.	Galois theory	Chapman and Hall ISBN : 9780412345500
STROUSTRUP B.	Le langage C++	Pearson Education ISBN : 9782744070037
SZPIRGLAS A.	Exercices d'algèbre	Cassini ISBN : 9782842250270
TAUVEL P.	Corps commutatifs et théorie de Galois	Calvage et Mounet ISBN : 9782916352060
TAUVEL P.	Cours d'algèbre	Dunod ISBN : 9782100045907
TAUVEL P.	Cours de Géométrie	Dunod ISBN : 9782100058709

TAUVEL P.	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Algèbre 2	Masson ISBN : 9782225844416
TAUVEL P.	Mathématiques générales pour l'agrégation	Masson ISBN : 9782225827338
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres	Institut Elie Cartan ISBN : 9782903594121
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres	S.M.F. ISBN : 9782856290329
TENENBAUM G. **MENDÈS-FRANCE M.**	Les nombres premiers	Que sais-je ? PUF ISBN : 9782130483991
TENENBAUM G. **WU J.**	Exercices corrigés de théorie analytique et probabiliste des nombres T 2	S.M.F. ISBN : 9782856290450
TISSERON C.	Géométries affine, projective et euclidienne	Hermann ISBN : 9782705614416
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
TRIGNAN J.	Constructions géométriques et courbes remarquables	Vuibert ISBN : 9782711771240
TRUFFAULT B.	Exercices de géométrie élémentaires	IREM des Pays de Loire
TURING A **GIRARD J. Y.**	La Machine de Turing	Seuil ISBN : 9782020135719
VALIRON G.	Cours d'analyse mathématique, I Théorie des fonctions	Masson
VALIRON G.	Cours d'analyse mathématique, II Équations fonctionnelles - Applications	Masson
VAUTHIER J. **PRAT J-J.**	Cours d'Analyse Mathématique de l'Agrégation	Masson ISBN : 9782225844508
VAZIRANI V.	Algorithmes d'approximation	Springer ISBN : 9782287006777
VINBERG E.B.	A course in algebra	AMS ISBN : 9780821834138
WAGSCHAL C.	Distributions, Analyse microlocale, Équations aux dérivées partielles	Hermann ISBN : 9782705680817
WAGSCHAL C.	Fonctions holomorphes, Équations différentielles	Hermann ISBN : 9782705664565
WARIN B.	L'algorithmique, votre passeport informatique pour la programmation	Ellipses ISBN : 9782729811402
WARUSFEL A.	Structures algébriques finies	Classiques Hachette
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Analyse	Vuibert ISBN : 9782711789573

WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Arithmétique	Vuibert ISBN : 9782711789535
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Géométrie	Vuibert ISBN : 9782711789542
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Probabilités	Vuibert ISBN : 9782711789580