ministère
éducation
nationale
jeunesse
vie associative

Secrétariat Général

Direction générale des
ressources humaines

Sous-direction du recrutement

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Concours du second degré – Rapport de jury
Session 2011

AGRÉGATION
Interne et caerpa

Section mathématiques

Rapport de jury présenté par :

Monsieur Robert CABANE

Inspecteur général de l'éducation nationale

Les rapports des jurys des concours sont établis sous la responsabilité des présidents de jury

Table des matières

1 Composition du jury **– 4 –**

2 Déroulement et statistiques **– 6 –**
2.1 Généralités . . . – 6 –
2.1.1 Déroulement . . . – 6 –
2.1.2 Évolution des concours . . . – 6 –
2.1.3 Quelques remarques sur le profil des candidats . . . – 7 –
2.2 Statistiques de l'agrégation interne 2011 . . . – 8 –
2.3 Statistiques du CAERPA 2011 . . . – 12 –

3 Programme du concours pour la prochaine session **– 17 –**

4 Rapport sur les épreuves écrites **– 18 –**
4.1 Énoncé de la première épreuve écrite . . . – 18 –
4.2 Commentaires sur la première épreuve écrite . . . – 18 –
4.2.1 La thématique abordée . . . – 18 –
4.2.2 Remarques générales . . . – 18 –
4.2.3 Partie A . . . – 19 –
4.2.4 Partie B . . . – 20 –
4.2.5 Partie C . . . – 20 –
4.2.6 Partie D . . . – 20 –
4.3 Énoncé de la seconde épreuve écrite . . . – 20 –
4.4 Commentaires sur la seconde épreuve écrite . . . – 20 –
4.4.1 Introduction . . . – 20 –
4.4.2 Commentaires généraux . . . – 21 –
4.4.3 Commentaires par question . . . – 21 –

5 Rapport sur les épreuves orales **– 25 –**
5.1 Considérations générales . . . – 25 –
5.2 L'épreuve orale d'exposé . . . – 25 –
5.2.1 Le choix des leçons . . . – 25 –
5.2.2 Le plan . . . – 25 –
5.2.3 Le développement . . . – 26 –
5.2.4 Le niveau de la leçon . . . – 26 –
5.2.5 Les questions du jury . . . – 26 –
5.2.6 Quelques leçons particulières . . . – 26 –
5.3 L'épreuve orale d'exemples et exercices . . . – 28 –
5.3.1 Principe et déroulement de l'épreuve . . . – 28 –
5.3.2 Utilisation de logiciels . . . – 28 –

5.3.3 Présentation motivée des exercices . . . – 29 –
5.3.4 Résolution détaillée d'un exercice . . . – 31 –
5.3.5 Quelques sujets particuliers . . . – 31 –
5.3.6 Questions du jury . . . – 34 –
5.3.7 Les attentes du jury . . . – 34 –
5.4 Liste des sujets de la session 2011 . . . – 35 –

6 Bibliothèque de l'agrégation de mathématiques – 41 –

Chapitre 1

Composition du jury

Président	
M. Robert CABANE	Inspecteur général
Vice-présidents	
Anne BURBAN	Inspectrice générale
Marc ROSSO	Professeur des universités
René CORI	Maître de conférences
Jean-François MESTRE	Professeur des universités
Secrétaire	
Marie-Hélène MOURGUES	Maître de conférences

Correcteurs et examinateurs

François BOISSON	Professeur de chaire supérieure
Guillaume BREVET	Professeur agrégé
Francine BRUYANT	Maitre de conférences
Laurent CHAUMARD	Professeur agrégé
Denis CHOIMET	Professeur de chaire supérieure
Elie COMPOINT	Maitre de conférences
Jean-François COUCHOURON	Maitre de conférences
Jean-François DANTZER	Professeur agrégé
Marie-Cécile DARRACQ	PRAG
François DEHAME	Professeur de chaire supérieure
Yves DUCEL	Maitre de conférences
Roger DUPONT	IA-IPR
Françoise FLICHE	IA-IPR
Sandrine GACHET	Professeur de chaire supérieure
Jean-Pierre GAUDIN	PRAG
Patrick GÉNAUX	Professeur de chaire supérieure
François GEOFFRIAU	Maitre de conférences
Christine GEORGELIN	Maître de conférences
Emmanuel GIRARD	Professeur agrégé (ERPA)
Michel HENRI	Professeur de chaire supérieure
Ollivier HUNAULT	IA-IPR
Mohamed KRIR	Maitre de conférences
Marc LALAUDE-LABAYLE	Professeur agrégé
Matthieu LE FLOC'H	Professeur agrégé
Ludovic LEGRY	IPR
Geneviève LORIDON	IA-IPR
Jean-Paul MARGIRIER	Professeur agrégé
Marie-Hélène MOURGUES	Maître de conférences
Françoise MUNCK-FRABOUL	IA-IPR
Stéphan PAINTANDRE	Professeur agrégé
Denis PENNEQUIN	Maitre de conférences
Alain PIETRUS	Professeur d'université
Gaétan PLANCHON	PRAG
Thierry QUENTIN	Maitre de conférences
Philippe RODOT	Professeur de chaire supérieure
Marc ROSSO	Professeur des universités
David RUPPRECHT	Professeur agrégé
Frédéric SUFFRIN	Professeur agrégé
Violaine THIBAU	Maitre de conférences
Valérie WAJS	Professeure agrégée
Alain WALBRON	Professeur de chaire supérieure
Delphine ZAROUF-DILHUIDY	Professeure agrégée

Chapitre 2

Déroulement et statistiques

2.1 Généralités

2.1.1 Déroulement

Les épreuves écrites ont eu lieu les 27 et 28 janvier 2011, la liste d'admissibilité a été signée le 15 mars avec les chiffres suivants :
Agrégation interne : 261 admissibles ; CAERPA : 19 admissibles.
Les épreuves orales se sont déroulées du 10 au 17 avril 2011, à l'École Nationale de Commerce, boulevard Bessières à Paris. La liste d'admission a été signée le 18 avril avec les chiffres suivants :
Agrégation interne : 116 admis ; CAERPA : 11 admis.
Tous les postes mis au concours ont donc été pourvus.

2.1.2 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

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

2.1.3 Quelques remarques sur le profil des candidats

À propos de la répartition hommes-femmes

Le rapport de la session 2010 avait mis l'accent sur la sous-représentation des femmes dans la population des candidats au concours, effet d'ailleurs légèrement corrigé par les épreuves orales. La session 2011 du concours n'a pas marqué de réelle évolution sur ce plan, avec 35% de femmes parmi les inscrits, 34% parmi les présents, 24% parmi les admissibles et 29% parmi les reçus (les deux concours confondus) ; la nécessité de faciliter l'accès aux préparations aux femmes et tout particulièrement aux mères de famille est donc toujours présente.

Établissements d'affectation des admissibles

Pendant les épreuves orales, une enquête a été menée auprès des admissibles au sujet de leur cadre d'exercice et de leur formation initiale. La répartition par établissement d'exercice est la suivante [1] :

Admissibles		**Admis**	
Collège	**56%**	**Collège**	**54%**
Collège,H	78%	Collège,H	74%
Collège,F	22%	Collège,F	26%
Lycée	**25%**	**Lycée**	**28%**
Lycée,H	70%	Lycée,H	66%
Lycée,F	30%	Lycée,F	34%
LP	**2%**	**LP**	**2%**
Supérieur	**1%**	**Supérieur**	**2%**
Autre	**16%**	**Autre**	**14%**
Total	**100%**	**Total**	**100%**

1. La réponse « Autre » recouvre diverses situations comme TZR, congé parental, congé formation, disponibilité, absence de réponse, etc.

Formation initiale des admissibles

Le niveau d'études le plus élevé atteint par les candidats est repris dans le tableau ci-dessous ; le niveau L3 correspond au parcours « standard » des candidats qui ont passé une licence avant de se présenter au CAPES. On constate qu'une grande majorité des admissibles ont mené des études supérieures au-delà de la licence, 30% d'entre eux ayant atteint ou dépassé le niveau M2 (en assimilant les diplômes d'ingénieur à un niveau M2) [2].

Admissibles		Admis	
L3	**14%**	**L3**	**17%**
L3,H	70%	L3,H	57%
L3,F	30%	L3,F	43%
M1	**45%**	**M1**	**46%**
M1,H	67%	M1,H	62%
M1,F	33%	M1,F	38%
INGÉNIEUR	**15%**	**INGÉNIEUR**	**13%**
ING,H	90%	ING,H	94%
ING,F	10%	ING,F	6%
M2, DEA	**12%**	**M2, DEA**	**13%**
M2,H	85%	M2,H	88%
M2,F	15%	M2,F	13%
THÈSE	**4%**	**THÈSE**	**6%**
TH,H	82%	TH,H	86%
TH,F	18%	TH,F	14%
Sans réponse	**11%**	**Sans réponse**	**7%**
Total	**100%**	**Total**	**100%**

On mesure ainsi l'évolution que représentera, en principe à l'échéance 2015, le passage au niveau de recrutement M2 pour les agrégés au concours interne.

2.2 Statistiques de l'agrégation interne 2011

Sont considérés comme présents les candidats qui ont des notes non nulles à toutes les épreuves écrites.

	Inscrits	Présents	admissibles	Admis
Ensemble	2442	1359	263	116
Femmes	856	459	58	31
Français et U.E.	2436	1357	263	116
Union Européenne	8	6	2	1
Étrangers hors UE	6	2	0	0
Moins de 50 ans	2296	1296	258	114
Moins de 45 ans	2095	1192	252	112
Moins de 40 ans	1744	1001	225	103
Moins de 35 ans	1059	613	123	58
Moins de 30 ans	239	140	19	7

2. On lira avec réserve les pourcentages concernant les admis en raison des faibles nombres concernés.

Écrit : quartiles sur les notes non nulles									
	Présents			admissibles			Admis		
épreuve 1 (sur 20)	8	6	3	13	11	10	14	12	10
épreuve 2 (sur 20)	8	6	3	13	11	10	15	12	11
Total écrit (sur 200)	84	57	35	122	112	101	134	119	109

Le total d'écrit est ramené sur 20.

Écrit : histogramme cumulé (sur 20)									
	Total			écrit 1			écrit 2		
	P	a	A	P	a	A	P	a	A
20	0	0	0	1	1	0	1	1	1
19	0	0	0	3	3	1	2	2	2
18	2	2	2	7	7	5	4	4	4
17	4	4	4	12	12	10	7	7	7
16	8	8	8	19	19	14	14	14	13
15	14	14	14	32	32	21	33	33	30
14	26	26	21	57	57	33	54	54	40
13	45	45	37	82	82	44	86	86	57
12	78	78	57	124	122	62	126	125	78
11	143	143	86	182	169	82	186	172	97
10	209	209	104	258	208	97	242	203	104
9	287	263	116	328	230	103	317	228	113
8	387	263	116	424	248	110	440	251	116
7	516	263	116	577	258	113	554	259	116
6	647	263	116	722	261	116	702	262	116
5	790	263	116	862	263	116	839	263	116
4	946	263	116	1008	263	116	982	263	116
3	1081	263	116	1150	263	116	1130	263	116
2	1220	263	116	1292	263	116	1248	263	116
1	1327	263	116	1382	263	116	1349	263	116
0	1359	263	116	1397	263	116	1368	263	116

Oral : quartiles sur les notes non nulles						
	admissibles			Admis		
épreuve 1 (sur 20)	14	11	8	16	14	11
épreuve 2 (sur 20)	13	10	7	15	13	10
Total général (sur 400)	247	216	199	270	249	236

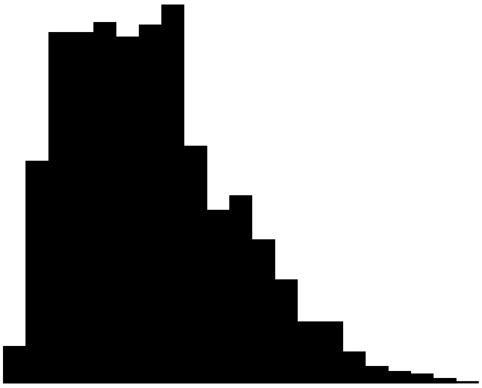
Le total général est ramené sur 20.

Oral et total général (sur 20)						
	Total		oral 1		oral 2	
	a	A	a	A	a	A
20	0	0	2	2	1	1
19	0	0	4	4	4	4
18	0	0	16	16	13	13
17	0	0	24	23	23	23
16	3	3	33	31	26	26
15	11	11	59	54	40	38
14	22	22	73	58	52	47
13	43	43	102	78	71	59
12	77	77	122	86	86	66
11	116	116	143	100	107	84
10	186	116	174	110	138	96
9	225	116	187	110	160	104
8	245	116	213	113	187	112
7	251	116	228	114	210	115
6	251	116	241	115	226	116
5	251	116	253	116	246	116
4	251	116	253	116	251	116
3	251	116	253	116	251	116
2	251	116	253	116	251	116
1	251	116	253	116	251	116
0	251	116	253	116	251	116

Académies				
	I	P	a	A
AIX MARSEILLE	116	72	13	5
AMIENS	72	43	10	5
BESANÇON	35	23	6	4
BORDEAUX	83	50	12	3
CAEN	57	30	6	1
CLERMONT-FERRAND	37	26	5	2
CORSE	12	4	2	2
DIJON	46	33	7	4
GRENOBLE	83	50	8	4
GUADELOUPE	43	21	5	3
GUYANE	23	16	1	1
LA RÉUNION	109	65	13	7
LILLE	133	89	17	8
LIMOGES	32	14	3	1
LYON	101	60	13	7
MARTINIQUE	33	18	2	0
MAYOTTE	20	10	2	0
MONTPELLIER	140	64	9	5
NANCY METZ	71	35	5	3
NANTES	75	32	6	4
NICE	105	56	14	5
NOUVELLE CALÉDONIE	8	2	2	1
ORLÉANS TOURS	83	42	7	5
PARIS/CRÉTEIL/VERSAILLES	487	263	50	20
POITIERS	51	29	5	0
POLYNÉSIE	11	8	1	0
REIMS	48	26	10	3
RENNES	85	40	7	4
ROUEN	76	52	8	4
STRASBOURG	59	35	7	2
TOULOUSE	108	51	7	3

Professions				
	I	P	a	A
DIVERS	75	25	4	2
ENS.FPE.TIT	85	52	4	2
AGREGE	33	17	1	1
CERTIFIE	2106	1206	247	108
PLP	113	51	6	3
PROF ECOLES	30	8	1	0

Catégories				
	I	P	a	A
DIVERS	4	3	2	1
ENS.TIT.MEN	2313	1290	257	113
AG.FONC.PUB.ETA	125	66	4	2



Écrit 1

Écrit 2

Oral 1

Oral 2

2.3 Statistiques du CAERPA 2011

Sont considérés comme présents les candidats qui ont des notes non nulles à toutes les épreuves écrites.

	Inscrits	Présents	admissibles	Admis
Ensemble	427	213	19	11
Femmes	171	85	9	6
Moins de 50 ans	389	191	18	10
Moins de 45 ans	349	169	17	9
Moins de 40 ans	280	127	14	8
Moins de 35 ans	160	80	8	6
Moins de 30 ans	33	19	1	0

Écrit : quartiles sur les notes non nulles									
	Présents			admissibles			Admis		
épreuve 1 (sur 20)	7	4	2	15	10	9	15	12	10
épreuve 2 (sur 20)	7	4	2	14	12	11	13	11	10
Total écrit (sur 200)	68	39	24	138	107	103	137	106	101

Le total d'écrit est ramené sur 20.

Écrit : histogramme cumulé (sur 20)									
	Total			écrit 1			écrit 2		
	P	a	A	P	a	A	P	a	A
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1	0
17	0	0	0	0	0	0	1	1	0
16	0	0	0	3	3	1	1	1	0
15	1	1	0	4	4	2	3	3	0
14	2	2	0	6	6	4	5	5	0
13	6	6	3	7	7	4	8	8	3
12	7	7	3	10	8	5	11	10	3
11	8	8	4	10	8	5	18	15	7
10	15	15	8	16	12	8	22	17	9
9	23	19	11	28	14	9	31	18	10
8	35	19	11	38	17	11	36	18	10
7	50	19	11	55	18	11	54	19	11
6	62	19	11	70	19	11	73	19	11
5	81	19	11	93	19	11	85	19	11
4	105	19	11	124	19	11	114	19	11
3	139	19	11	159	19	11	149	19	11
2	171	19	11	184	19	11	180	19	11
1	200	19	11	212	19	11	206	19	11
0	213	19	11	222	19	11	213	19	11

Oral : quartiles sur les notes non nulles						
	admissibles			Admis		
épreuve 1 (sur 20)	15	11	8	15	14	12
épreuve 2 (sur 20)	14	11	10	16	13	11
Total général (sur 400)	245	229	214	251	244	234

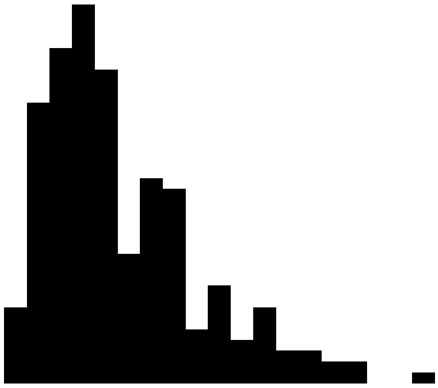
le total général est ramené sur 20.

Oral et total général (sur 20)						
	Total		oral 1		oral 2	
	a	A	a	A	a	A
20	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	1
17	0	0	1	1	1	1
16	0	0	1	1	2	2
15	0	0	4	4	3	3
14	1	1	5	5	5	4
13	1	1	6	6	7	6
12	5	5	8	8	8	7
11	11	11	9	9	11	9
10	15	11	10	10	13	10
9	17	11	12	11	13	10
8	18	11	14	11	15	11
7	18	11	17	11	17	11
6	18	11	18	11	17	11
5	18	11	18	11	18	11
4	18	11	18	11	18	11
3	18	11	18	11	18	11
2	18	11	18	11	18	11
1	18	11	18	11	18	11
0	18	11	18	11	18	11

Académies				
	I	P	a	A
AIX MARSEILLE	19	11	2	0
AMIENS	8	5	0	0
BESANÇON	5	2	1	0
BORDEAUX	17	10	1	1
CAEN	7	3	0	0
CLERMONT-FERRAND	9	4	1	1
DIJON	4	3	0	0
GRENOBLE	21	7	1	0
GUADELOUPE	6	1	0	0
GUYANE	1	1	0	0
LA RÉUNION	9	5	0	0
LILLE	44	25	1	0
LIMOGES	3	2	0	0
LYON	20	10	1	1
MARTINIQUE	1	1	0	0
MONTPELLIER	13	4	0	0
NANCY METZ	11	4	1	1
NANTES	27	16	0	0
NICE	7	1	0	0
NOUVELLE CALÉDONIE	3	2	0	0
ORLÉANS TOURS	15	10	2	1
PARIS/CRÉTEIL/VERSAILLES	97	43	7	6
POITIERS	6	3	0	0
POLYNÉSIE	5	4	0	0
REIMS	6	3	0	0
RENNES	34	16	1	0
ROUEN	9	5	0	0
STRASBOURG	8	6	0	0
TOULOUSE	12	6	0	0

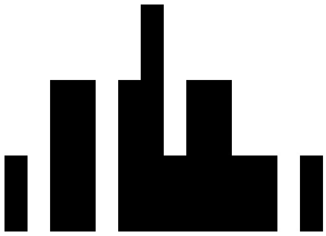
Professions				
	I	P	a	A
MAIT-DOC REM TI	378	201	17	10
MAIT-DOC REM MA	30	5	1	1
MAITRE ECH INST	19	7	1	0

Écrit 1



Écrit 2

Oral 1



Oral 2

Chapitre 3

Programme du concours pour la prochaine session

Le programme du concours pour la session 2012 a été publié sur le site SIAC2 :
http://www.education.gouv.fr/cid51686/programmes-des-concours.html#Session2012
Un accès direct est possible, en suivant le lien :
http://media.education.gouv.fr/file/special_1/38/5/agreg_interne_math_167385.pdf

L'attention des candidats est particulièrement attirée sur deux éléments :

- les programmes des classes de Première et Terminale viennent d'être modifiés, ce qui influe sur le programme du concours ;
- la liste des logiciels mis à disposition pour la seconde épreuve orale est susceptible d'évoluer (consulter le site http://agrint.agreg.org/logiciels.html).

Chapitre 4

Rapport sur les épreuves écrites

4.1 Énoncé de la première épreuve écrite

On trouvera l'énoncé de l'épreuve à l'adresse suivante : http://agrint.agreg.org/11-EP1.pdf

4.2 Commentaires sur la première épreuve écrite

4.2.1 La thématique abordée

Le sujet d'algèbre et géométrie de cette année proposait une approche des graphes finis via les propriétés spectrales d'un Laplacien discret. Il s'agissait précisément de prouver que le spectre de cet opérateur codait certaines qualités combinatoires du graphe, comme la connexité, le caractère bipartite, le nombre chromatique ou la complétude. Dans les ouvrages suivants, on trouvera des relations entre le spectre et des notions plus profondes comme l'isopérimétrie, les marches aléatoires, les propriétés d'expanseurs, ou le lien avec les spectres de Laplacien sur les surfaces.
Fan R. K. Chung, *Spectral Graph Theory,* AMS 1996, ISBN 978-0821803158
Yves Colin De Verdière, *Spectres de Graphes,* SMF 1998, ISBN 978-2856290682

4.2.2 Remarques générales

Le sujet, et singulièrement la théorie des graphes, était de nature à déstabiliser les candidats ; toutefois, les questions étaient d'un niveau abordable et les matrices proposées très classiques (matrice J ou matrice circulante). Certains raisonnements sur les chemins sont de ceux que l'on croise moins durant une préparation ; il s'agissait alors d'évaluer efficacement l'adaptabilité des candidats à des objets nouveaux.
Les parties A, B et C ont naturellement été les mieux traitées, la dernière ayant été très peu abordée. On pouvait obtenir une note très correcte en ne traitant que les deux premières.
Le jury a été satisfait de constater que la plupart des candidats étaient au point sur le calcul du spectre d'endomorphismes ou la résolution des systèmes linéaires. Certaines copies étaient de bonne, voire très bonne facture.
Un nombre non négligeable de copies présentent cependant des erreurs qu'une préparation efficace devrait permettre d'éviter : des récurrences où le prédicat n'est pas énoncé, ou dont l'initialisation n'est pas faite, voire l'hypothèse de récurrence non utilisée ; des erreurs non repérées alors qu'elles conduisaient à des incohérences comme une valeur propre à laquelle ne correspond aucun vecteur propre.
Plus préoccupantes sont les copies où les bases de la logique mathématique font défaut : pas de connecteur logique ou de quantificateur, des négations erronées de prédicats pour établir une contraposée,

une confusion sur les articles définis ou indéfinis (ainsi, ń le vecteur propre associé à 0 ż).

A contrario, fut grandement appréciée tout marque d'esprit critique par rapport aux solutions proposées : les correcteurs voient par exemple d'un bon œil les candidats qui reconnaissent n'avoir résolu qu'une partie de la question, parce que leurs hypothèses sont plus fortes que celles demandées, ou bien qui prennent l'initiative d'expliquer l'hypothèse manquante qui aurait permis d'aboutir. *In fine*, tout ce qui atteste d'un sens critique et d'une honnêteté vis-à-vis du correcteur apporte la garantie que l'auteur de la copie sait se conformer aux exigences de la matière.

La qualité de la présentation était aussi très hétérogène ; l'utilisation d'encadrements ou de couleurs (bleu, noir exclusivement) et le respect des marges rendent les copies plus engageantes. La présentation, la rédaction, et l'orthographe sont des qualités que tout enseignant doit s'efforcer de respecter, tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'aborder les Mathématiques à un niveau plus avancé que celui de l'enseignement secondaire.

On rappelle enfin que les calculs doivent explicitement apparaître sur les copies, notamment pour les résolutions de systèmes, et surtout dans les premières questions qui jugent de la capacité de l'auteur à rédiger correctement des démonstrations de différents types. On peut cependant comprendre que la rédaction d'un candidat s'allège au fil de la copie.

4.2.3 Partie A

A-1 : le spectre, ainsi que les sous-espaces propres ont été déterminés sans réelle difficulté par la plupart des candidats, avec cependant parfois une rédaction plus diluée que nécessaire. Il est inutile de proposer sur ce genre de questions une rédaction trop lourde. Une curiosité : bon nombre de candidats prouvent l'orthogonalité des vecteurs propres associés à des valeurs propres distinctes, ce qui est superflu pour une matrice symétrique.

A-2 : l'argument portant sur le rang de J et sa trace pour établir son spectre semble maîtrisé par un bon nombre de candidats.

Beaucoup n'ont traité que les petites dimensions alors que le cas général ne présentait pas de difficulté supplémentaire. Même si n'apparaissaient dans ce sujet que des matrices symétriques réelles, il était judicieux de justifier l'égalité entre la multiplicité d'une valeur propre et la dimension de l'espace propre associé par la diagonalisabilité de la matrice.

A-3 : même si l'égalité $C^n = I$ est très souvent obtenue, cette question a donné lieu à une grande disparité dans les rédactions : absence de justification, récurrence malheureuse, mais aussi des raisonnements bien menés sur l'endomorphisme associé, voire sur les opérations sur les lignes qu'engendre une multiplication à gauche par la matrice C.

Trop peu de copies en déduisaient correctement le spectre de la matrice C, dévoilant ainsi une connaissance approximative des inclusions ou des égalités qui existent entre le spectre d'une matrice et l'ensemble des racines d'un polynôme annulateur. Beaucoup écrivent à tort, que $X^n - 1$ est le polynôme minimal de C sous prétexte que toutes ses racines sont simples, ou bien que $X^n - 1$ est le polynôme caractéristique de C car il est de degré n, ou encore que toute racine d'un polynôme annulateur est valeur propre de C (la matrice I_n, qui admet $X^n - 1$ comme polynôme annulateur, constitue un contre-exemple à ces trois affirmations).

De même, le passage de la diagonalisabilité de M à celle de $P(M)$ a rarement été démontré correctement, certains arguant du fait que les $P(\omega^k)$ étaient distincts deux à deux.

Le calcul sur les nombres complexes, très souvent juste, a parfois été très laborieux. Quant à la multiplicité, première question nécessitant une initiative, elle a été relativement bien menée, et la symétrie du sinus correctement explicitée.

4.2.4 Partie B

B-1 : le calcul n'était pas aisé à mener, et l'a rarement été jusqu'au bout, même si beaucoup ont compris la nécessité du facteur 1/2. Le b) nécessitait de reprendre la preuve de l'inégalité de Cauchy-Schwarz, ou de préciser que celle-ci est valable sous la seule hypothèse de positivité de la forme quadratique, ce qui a été peu vu.
Il ne fallait pas oublier de citer le fait que λ_1 était la première valeur propre dans le c) pour établir sa nullité.
B-2 : les candidats étaient assez guidés dans cette question qui été conduite convenablement dans l'ensemble. À nouveau, l'égalité entre la multiplicité de la valeur propre nulle et la dimension du noyau devait être justifiée.
B-3 : la formule de λ_2 a été moins correctement justifiée que celle de λ_n, notamment la somme portant sur les $n \geqslant 2$ et l'orthogonalité avec le premier vecteur propre.

4.2.5 Partie C

C-2 : trop de candidats se contentent d'effectuer le calcul sans en tirer les conséquences sur la caractérisation de la complétude du graphe, ce qui faisait tout le sel de la question. Parmi les copies qui s'y risquent, certaines oublient de prouver l'orthogonalité de la fonction Φ avec Φ_1.
Peu de candidats ont vu que la réciproque de la question b) nécessitait simplement de citer le résultat de la question A-2), pourtant prouvé par beaucoup d'entre eux.
C-3 : la définition du caractère biparti du graphe a semble-t-il dérouté une grande part des candidats, puisqu'ils n'ont pas su exploiter le cas d'égalité de la question a) pour construire le vecteur propre associé à la valeur propre 2. D'une manière générale, l'équivalence qui était l'objet de cette question 3) demandait de l'initiative pour construire soit les vecteurs propres, soit les sous-ensemble de S, ce que certains candidats ont quand même très bien vu.

4.2.6 Partie D

Cette partie fut très peu abordée. Notons cependant que les candidats qui s'y sont essayés ont souvent cru qu'une matrice symétrique était positive lorsque tous ses coefficients l'étaient, ce qu'un coup d'oeil rapide sur les premiers exemples invalidait.

4.3 Énoncé de la seconde épreuve écrite

On trouvera l'énoncé de l'épreuve à l'adresse suivante : http://agrint.agreg.org/11-EP2.pdf

4.4 Commentaires sur la seconde épreuve écrite

4.4.1 Introduction

Ce problème s'inspire des travaux de V. E. Slyusarchuk, et notamment de son article *Necessary and sufficient conditions for existence and uniqueness of bounded and almost-periodic solutions of nonlinear differential equations*, paru dans Acta Appl. Math., 65 (2001), pp.333-341. Il énonce un théorème en condition nécessaire et suffisante sur f pour que, pour toute fonction bornée h, l'équation : $y' + f \circ y = h$ ait une unique solution y_h bornée (dont la dérivée sera alors également bornée) et telle que $h \mapsto y_h$ soit continue. Il s'agit donc (presque) d'un théorème en condition nécessaire et suffisante d'existence et d'unicité de solution bornée, pour tout second membre borné. On notera que si l'on s'intéresse aux solutions consŋtantes, la même condition est également une condition nécessaire et suffisante pour que $\mathcal{L}_f$ soit un homéomorphisme de l'espace des fonctions constantes sur lui-même ; le problème aborde cette équivalence dans le **III-3.**

La recherche des solutions bornées d'une équation différentielle est intimement reliée à la recherche de ses solutions presque-périodiques, qui sont les limites uniformes de combinaisons linéaires de fonctions continues périodiques de toutes périodes. De par leur définition, les fonctions presque-périodiques sont bornées, mais pour les solutions des équations différentielles, il y a des réciproques (sous certaines hypothèses). Par exemple, les solutions bornées d'un système linéaire autonome $Y' = AY$ en sont exactement les solutions presque-périodiques, et ces dernières apparaissent lorsque A a des valeurs propres imaginaires pures. L'article de V. E. Slyusarchuk établit également que la condition est une CNS concernant les solutions presque-périodiques.

Les travaux de V. E. Slyusarchuk ont été étendus par P. Cieutat, par exemple dans son article *Necessary and sufficient conditions for existence and uniqueness of bounded or almost-periodic solutions for differentiel systems with convex potential*, Differential and Integral Equations, vol. 18 (2005), nř4, pp. 361-378. Cet article étend tout d'abord les résultats à $\mathbf{R}^N$, où cette fois f est le gradient d'une fonction convexe, puis à des équations d'ordre deux.

Suivre l'article original de Slyusarchuk aurait amené à utiliser un théorème du point fixe hors-programme, avec des calculs assez lourds. Il a donc été choisi de n'aborder qu'une version allégée du théorème, en supposant un peu plus que la stricte monotonie de f et en supposant f lipschitzienne, ce qui permet de travailler avec le théorème du point fixe des applications contractantes.

4.4.2 Commentaires généraux

Le problème a été largement abordé par une bonne partie des candidats, qui en a souvent traité significativement les quatre premières parties. Pour autant, la plupart des questions, y compris les premières, ont été traitées avec plus ou moins de bonheur et ont permis de départager les candidats. Traiter intégralement trois parties sur les cinq assurait déjà une excellente note.
Globalement, les copies sont bien présentées et le jury s'en félicite. Les copies illisibles ou faisant des allers-retours très réguliers entre les différentes parties (jusqu'à six allers retours sur une seule copie double) sont heureusement très rares. En revanche, il arrive que les candidats aient des difficultés à organiser leurs raisonnements : par exemple, seule une implication au lieu d'une équivalence est traitée, les hypothèses ne sont pas toujours vérifiées, ou les conclusions des raisonnements sont parfois absentes. Nous recommandons aux futurs candidats d'être vigilants sur ces points.
Même si plusieurs lacunes ont été relevées (cf. infra), le jury est satisfait de la prestation fournie par les candidats qui dépassent la barre d'admissibilité.

4.4.3 Commentaires par question

I-1.a : beaucoup de candidats ont perdu des points sur la justification du fait que $f \circ y$ est bornée, soit en raison de l'absence de justification, soit en raison de justifications très souvent inexactes ; ainsi, une fonction continue sur une partie fermée **ou** sur une partie bornée de $\mathbf{R}$ n'est pas nécessairement bornée (il y a des contre-exemples élémentaires) ; on avait réellement besoin d'une partie fermée **et** bornée de $\mathbf{R}$, qui dans $\mathbf{R}$ est bien un compact. Les fonctions ne sont pas nécessairement croissantes ou décroissantes.
I-2.a : la justification de l'existence et de la dérivabilité de T_g a parfois été omise des candidats, ou bien elles ont souvent été justifiée de manière incorrecte. Il arrive que les candidats effectuent les calculs puis justifient l'existence *ex-post*, constatant que l'expression finale a un sens. Indiquons que le fait que la convergence absolue de l'intégrale entraîne sa convergence est, dans le cadre de Riemann une propriété bien connue ou dans le cadre de Lebesgue une définition ; dans tous les cas, il ne peut s'agir du *théorème de convergence dominée.*

Écrire des majorations du type :

$$\left|\int_A^x e^{bs} g(s)\,\mathrm{d}s\right| \leqslant \int_A^x e^{bs}\|g\|_\infty\,\mathrm{d}s \leqslant \int_{-\infty}^x e^{bs}\|g\|_\infty\,\mathrm{d}s = \frac{e^{bx}\|g\|_\infty}{b}$$

ne permet pas de conclure à l'intégrabilité : ce n'est pas parce que la valeur absolue de l'intégrale (dépendant de A) est majorée que cette intégrale a une limite finie (quand A tend vers $-\infty$). Le fait que l'intégrande ait une limite nulle en $-\infty$ ne suffit pas, et encore moins le fait qu'il soit borné. Pour l'aspect C^1, il devenait indispensable d'évoquer le fait que l'intégrande est continu (et pour l'existence il fallait aussi évoquer cela, ou au moins sa mesurabilité). Signalons que même lorsque $\alpha \in \mathbf{R}$, la dérivée de $x \mapsto \displaystyle\int_\alpha^x f(t)dt$ est $f(x)$ et non $f(x) - f(\alpha)$. Noter aussi que si un majorant de $|T_g(x)|$ peut dépendre de x, ce ne peut pas être le cas d'un majorant de $\|T_g\|_\infty$. Les candidats ont sous-estimé le rôle de cette question, rendant presque immédiates les réponses à **II-2.a, IV-4, IV-6**.
Dans **I-3.a**, si tous les candidats ont su justifier que Δ ne s'annule pas sur Π_+, la plupart appliquent après le théorème des valeurs intermédiaires sans explications à une fonction de deux variables. On pouvait soit justifier que Π_+ est connexe et que par conséquent $\Delta(\Pi_+)$ est connexe puisque Δ est continue, soit se ramener à des fonctions d'une variable (sur des intervalles) en étudiant Δ sur une courbe bien choisie. Le **I-3.b** pouvait se justifier à l'aide du cours ou de multiples façons.
II-1 : une erreur plus subtile est parfois apparue : les primitives d'une fonction h continue sur $\mathbf{R}$ ne peuvent s'écrire $x \mapsto C + \displaystyle\int_{-\infty}^x h(s)ds$ que si la fonction h est intégrable sur $\mathbf{R}^-$. La suite est en général bien traitée.
II-2 : en général bien traité. Pour le **b)**, on peut bien entendu donner directement les solutions de $Y' + aY = 0$ (qui ont parfois été surprenantes), équation obtenue en faisant la différence entre deux solutions. Si l'on veut résoudre cette équation, il faut le faire précisément ; ainsi, écrire $\dfrac{Y'(x)}{Y(x)} = -a$ puis $\ln Y(x) - \ln Y(0) = -ax$ puis $Y(x) = Y(0)e^{-ax}$ pose trois problèmes de rigueur : pour pouvoir poser la première relation, il faut s'assurer qu'une solution non nulle en un point ne s'annule jamais (conséquence de l'unicité), après, en raison des signes que pourrait prendre Y, il est nécessaire d'intégrer Y'/Y en $\ln(|Y|)$, et enfin expliquer à nouveau que la solution ne s'annulera jamais pour faire disparaître les valeurs absolues. L'équation différentielle relative à z est assez souvent fournie de manière inexacte.
II-3 : il s'agissait d'une question de synthèse et donc d'organisation du matériau précédent. Les rédactions ont souvent été lourdes ou parcellaires. Il y a régulièrement des oublis : continuité de $\mathcal{L}_f$, de $\mathcal{L}_f^{-1}$ ou cas $a = 0$. Certains écrivent les mêmes majorations que a soit positif ou négatif, ce qui fait que l'on majore une norme par un nombre négatif. Peu de candidats ont remarqué que la majoration du **II-2.a** donnait la continuité de $\mathcal{L}_f^{-1}$ (dans le cas $a > 0$). Quelques copies ont évoqué le fait que $\mathcal{L}_f$ soit continue, linéaire et bijective impliquait la continuité de $\mathcal{L}_f^{-1}$. Cette conséquence du théorème du graphe fermé ne figure pas au programme et n'a été acceptée qu'à condition que la rédaction soit précise (énoncé clair de la propriété utilisée et vérification des hypothèses). La propriété du **I-3** ne s'applique pas à $\mathcal{L}_f$ qui n'est pas une fonction de $\mathbf{R}$ dans $\mathbf{R}$. Enfin, quelques-uns semblent croire que les espaces de fonctions en jeu sont de dimension finie.
Le **III-1** a posé beaucoup de difficultés. Ces deux questions ont été abordées par presque tous les candidats, mais rares sont ceux qui s'en sortent honorablement. Il s'agissait, en fait, de montrer que la composition à gauche par une fonction continue sur $\mathbf{R}$ est un opérateur continu sur $BC(\mathbf{R}, \mathbf{R})$, phénomène dont la simplicité dissimule quelque peu l'indispensable continuité uniforme.
En premier lieu, signalons que f n'avait aucune raison d'être linéaire et que par conséquent $f \circ g_n - f \circ g$ n'est pas égale à $f \circ (g_n - g)$. $\mathcal{N}_f$ n'est pas nécessairement linéaire (ce qui était d'ailleurs rappelé dans l'énoncé), et donc vérifier sa continuité ne consistait pas à vérifier une relation du type $\|\mathcal{N}_f(g)\|_\infty \leqslant C\|g\|_\infty$.

Dans le **a**, on a souvent lu que les g_n étant des éléments de $BC^0(\mathbf{R},\mathbf{R})$, l'existence du ρ était immédiate (un contre-exemple était fourni par les fonctions $g_n : x \mapsto n\sin(x)$). On pouvait traiter tout le **a)** à partir de la majoration $|\|g_n\|_\infty - \|g\|_\infty| \leqslant \|g_n - g\|_\infty$. Les correcteurs ont sanctionné les notations du genre $\|g(x)\|_\infty$, signes de profondes confusions.
Dans le **b)**, on avait besoin d'une majoration uniforme (en x) de $|f(g_n(x))-f(g(x))|$, ce qui nécessitait de parler de continuité uniforme de la restriction de f à $[-\rho,\rho]$. La conclusion a été parfois oubliée.
Dans **III-2**, très peu de candidats se demandent si $\mathcal{N}_{f^{-1}}$ a un sens. L'énoncé a fait le choix par sa rédaction de préparer le candidat à la question **III-4**, mais bien entendu on aurait pu conclure plus vite dans le **III-3.b)**. La conclusion (f homéomorphisme) n'est pas toujours bien rédigée.
Le **III-3** n'a été que rarement bien traité. Tout d'abord, on lit parfois de grosses confusions entre la continuité de l'opérateur et celle des fonctions auxquelles il s'applique. Beaucoup ont pensé que l'inclusion $BC^1(\mathbf{R},\mathbf{R}) \subset BC^0(\mathbf{R},\mathbf{R})$ suffisait à avoir la continuité du deuxième terme en s'appuyant sur **III-1**. Malheureusement, il y a un changement de norme et donc il fallait d'abord évoquer que la convergence de $(g_n)_n$ vers g dans $BC^1(\mathbf{R},\mathbf{R})$ impliquait la convergence de $(g_n)_n$ vers g dans $BC^0(\mathbf{R},\mathbf{R})$ et donc la convergence de $(\mathcal{N}_f(g_n))_n$ vers $\mathcal{N}_f(g)$ dans $BC^0(\mathbf{R},\mathbf{R})$ en vertu de **III-1**. Plus synthétiquement, on peut écrire $\mathcal{L}_f = D + \mathcal{N}_f \circ J$, où les opérateurs D et J (respectivement la dérivation et l'injection canonique) sont linéaires continus de $BC^1(\mathbf{R},\mathbf{R})$ vers $BC^0(\mathbf{R},\mathbf{R})$ (ce qu'il fallait justifier).
III-4 : en général bien traité.
IV-1 : la condition attendue était bien entendu l'existence de deux nombres m et M strictement positifs tels que pour tout réel x, $m \leqslant f'(x) \leqslant M$. Curieusement, même plusieurs candidats ayant fait apparaître cette condition sont allés jusqu'à affirmer que cette dernière équivaut au caractère borné de f' ! Cette condition n'équivalait pas non plus à $\{f' > 0$ et f' majorée$\}$. Certains confondent *inégalité* des accroissement finis et *théorème* des accroissement finis. Plusieurs candidats énoncent une condition sans vérifier ni son caractère nécessaire, ni son caractère suffisant.
IV-2 : signalons qu'ici la fonction n'est plus nécessairement dérivable. La surjectivité a été trop souvent omise, ou ne résulte pas de l'injectivité comme semblent le penser plusieurs candidats.
IV-3 : les candidats ont souvent proposé $M + k$ au lieu de $\dfrac{M-m}{2}$. Bien entendu, cette réponse a été comptée juste, mais elle empêchait de traiter **IV-8**. L'intérêt de la partie linéaire était justement de centrer les choses de manière à faire diminuer la constante de Lipschitz. Parfois, le traitement de la valeur absolue a donné lieu à des inégalités surprenantes.
IV-4 et IV-6 : conséquence immédiate du début du **I**, que les candidats ont souvent redémontré.
IV-5 : en général bien traité. On a cependant vu à quelques reprises des $\phi_1(s)-\phi_2(s)$ au dénominateur (malgré une annulation éventuelle), parfois sortant brutalement de l'intégrale, ou bien, au cours de calculs, des majorations des normes infinies par des termes dépendant de x.
IV-7 : il était risqué de traiter d'un coup l'équivalence. Si le sens direct est immédiat, le sens réciproque nécessite un argument déjà employé dans **II-2.c)**.
IV-8 : signalons que pour le théorème classique du point fixe, on a besoin d'être dans un espace complet (c'est le cas ici, mais il fallait le signaler), et d'avoir une application lipschitzienne avec un rapport strictement inférieur à 1 (on parle aussi d'application contractante). Le théorème est manifestement faux avec une fonction simplement lipschitzienne. Quelques candidats ont prétendu que leur constante de Lipschitz (quoique supérieure à 1) entraînait le caractère contractant de la fonction. Certains pensent que $\mathcal{L}_f$ est une bijection et en déduisent l'existence et l'unicité du point fixe, démarche un peu surprenante au vu de la question posée.
IV-9 : en général bien fait par les rares copies ayant abordé cette question.
V-1 : cette question nécessitait d'encadrer les taux d'accroissement (ou la dérivée f') entre deux valeurs strictement positives. Les réponses surprenantes du **IV-1** ont assez souvent empêché les candidats de répondre correctement à cette question.

V-2, V-3.a.b. : en général bien traitées. On notera que si l'aspect homéoŋmorphisme donne l'existence et l'unicité d'une solution $BC^1(\mathbf{R},\mathbf{R})$, concernant l'unicité de la solution *bornée* il ne faut pas oublier d'évoquer **I-4**.
La suite n'a été abordée que par très peu de copies (à part quelques unes qui sont allées grappiller en donnant le w), et a révélé des lacunes sur les notions de solutions maximales.

Chapitre 5

Rapport sur les épreuves orales

5.1 Considérations générales

Les futurs candidats et préparateurs sont instamment invités à consulter les rapports des sessions précédentes, qui décrivent en détail le déroulement des épreuves ainsi que les attentes du jury. Le cadre des épreuves orales n'a pas évolué en 2011 et ne devrait pas changer en 2012. Les remarques qui suivent mettent l'accent sur quelques points particuliers.

5.2 L'épreuve orale d'exposé

5.2.1 Le choix des leçons

Comme les années précédentes, le jury a constaté une réticence de la part d'un bon nombre de candidats à choisir des leçons dans certains domaines et notamment en géométrie et sur les algorithmes. En revanche, on a constaté que les leçons portant sur les probabilités avaient gagné en faveur comme en contenu, ce dont on ne peut que se féliciter.

Concernant la géométrie, souvent délaissée au profit de sujets plus avancés, il convient de rappeler que l'enseignement de la géométrie euclidienne fournit une part non négligeable de l'enseignement des Mathématiques en lycée mais aussi en CPGE et en STS (on pourra, notamment, s'intéresser aux enseignements proposés en STS Conception de Produits Industriels et Géomètre Topographe qui fournissent des situations très riches où la géométrie devient incontournable).

La dimension algorithmique de l'enseignement des Mathématiques ayant été récemment renforcée, tant dans le programme du concours qu'au niveau de l'enseignement secondaire, il faut sans doute attendre une année ou deux pour que les candidats au concours intègrent cette dimension dans leur préparation ; les responsables des préparations au concours sont invités à développer cet aspect du programme qui est appelé à prendre de l'importance dans les prochaines sessions.

5.2.2 Le plan

Il s'agit, dans un temps assez court (15 minutes au maximum), de présenter l'articulation des notions et des principaux résultats. Certains candidats progressent très lentement sur cette partie et sont interrompus au bout de quinze minutes, ce qui peut être fort gênant lorsque le thème de développement choisi se trouve dans la partie du plan non exposée. Il convient donc d'adopter un rythme et un niveau de détails appropriés.

5.2.3 Le développement

On rappelle que le développement doit être une présentation vivante d'une situation mathématique particulière, dans un temps limité. Le candidat peut occasionnellement consulter ses notes (pour vérifier une hypothèse, une notation) mais ne doit pas se borner à les relire ; une telle attitude est pénalisante.

5.2.4 Le niveau de la leçon

Bien que cela ait été abondamment signalé dans les rapports précédents, signalons qu'un positionnement trop « élémentaire » n'est pas favorable au candidat, de même que le fait de traiter des questions mal maîtrisées.

Il n'est généralement pas judicieux de se placer dans un cadre plus général que celui qui est précisé dans l'intitulé du sujet ; ainsi, remplacer « espace de dimension finie » par « espace préhilbertien » ou « espace complet » peut créer de nouvelles difficultés qu'il faudra traiter ; il est alors préférable d'étendre les résultats présentés en fin d'exposé.

5.2.5 Les questions du jury

Le jury soumet généralement au candidat une ou deux questions pour s'assurer d'une bonne compréhension des notions abordées au cours de l'exposé, puis élargit l'interrogation afin de tester la culture du candidat. Si le candidat n'a pas proposé d'exemple ou de contre-exemple, cela lui pourra lui être demandé à ce moment.

5.2.6 Quelques leçons particulières

101 (groupes monogènes) : Cette leçon nécessite quelques exemples, notamment dans un contexte géométrique qui permet de faire quelques dessins.
103 (congruences) : Le « lemme chinois » mérite d'être présenté avec assez de détails : cas d'une congruence simultanée de plus de deux équations, calcul explicite d'une solution du système, etc.
104 (nombres premiers) : Ce sujet a donné lieu à nombre d'exposés sans relief ou entachés d'erreurs (notamment à propos du crible d'Eratosthène) mais aussi à quelques très bonnes prestations combinant des aperçus historiques et des notions plus avancées comme les corps finis.
106 (PGCD de polynômes) : On évitera de se limiter aux PGCD de deux polynômes, notamment pour le théorème de Bézout.
108 (dimension) : Le lien entre familles génératrices et familles libres doit être évidemment abordé.
110 (polynômes annulateurs) : Le polynôme minimal n'est pas le seul polynôme annulateur à considérer, et il n'est parfois pas le plus simple (considérer, par exemple, un endomorphisme de permutation dans l'espace $\mathbf{R}^n$).
111 (changements de bases) : Des exemples convaincants sont ici attendus.
113 (déterminants) : Ce sujet a donné lieu à un excellent exposé montrant des applications fort diverses (matrices de Gram, jacobien, etc.).
121 (formes quadratiques) : Le lien entre formes quadratiques et opérateurs autoadjoints est au cur de cette leçon ; il n'a pas toujours été bien compris...
123 : L'étude des isométries conservant un polygone régulier est intéressante mais doit être bien précisée : s'agit-il de la conservation des sommets, arêtes ou de l'enveloppe convexe ?
143 (polynômes) : Cette leçon nécessite d'introduire la notion de racine d'un polynôme. Elle a permis à plusieurs candidats de briller, par exemple avec le théorème de Gauss-Lucas sur les racines du polynôme dérivé ou encore l'approximation de fonctions régulières par des polynômes.

155 (systèmes linéaires) : Cette leçon repose, fondamentalement, sur la notion de rang qui doit donc être évoquée sans tarder. On doit aussi mettre en valeur l'interprétation des systèmes d'équations linéaires en termes d'images réciproques par une application linéaire. La comparaison de différentes méthodes de résolution (y compris les méthodes du pivot) est également attendue.
157 (arithmétique entière) : Ce sujet est *a priori* très large et doit être abordé dans un souci d'efficacité plus que d'exhaustivité, c'est pourquoi l'usage des idéaux devrait être privilégié.
158 (actions de groupes) : Quelques exemples sont ici indispensables pour donner à ces notions un peu de consistance : théorie des groupes, géométrie, combinatoire, algèbre linéaire...
159 (algorithme d'Euclide) : Cette leçon n'a pas été un grand succès. Il convient de passer assez rapidement sur la définition du PGCD (comme générateur de l'idéal engendré) et d'aborder avec précision la structure algorithmique proprement dite, avec les questions que cela soulève (nombre maximal d'étapes de l'algorithme, applications non triviales).
202 (séries positives) : On suggère que les espaces probabilisés dénombrables fournissent de nombreux problèmes conduisant à des séries à termes positifs.
203 (séries) : Des exemples significatifs sont attendus pour concrétiser les définitions et propriétés ; on peut ainsi s'intéresser à l'espérance mathématique d'une variable aléatoire discrète, ou encore au réarrangement des termes d'une série semi-convergente.
204 (e.v.n. de dimension finie) : La limitation à la dimension finie a sa raison d'être (théorème de Riesz), il ne convient pas du tout d'aborder les espaces normés de dimension quelconque. En revanche, une interrogation sur les normes issues d'un produit scalaire a toute sa place ici.
205 (projection orthogonale) : Certains candidats ont cru qu'il s'agissait d'une leçon centrée sur la notion d'espace préhilbertien avec un long catalogue de définitions sans grand intérêt. Il s'agissait, en fait, de mettre en valeur la notion de projection orthogonale et des applications qui en résultent (séries de Fourier, polynômes orthogonaux, etc.).
206 (compacité) : Certains candidats ont cru bon de se placer dans des espaces vectoriels normés de dimension quelconque, ce qui n'apportait pas grand chose tout en soulevant quelques difficultés, notamment au plan des exemples.
208 (points fixes) : La méthode de Newton est un exemple intéressant d'application des méthodes de point fixe, mais il faut penser à donner des conditions suffisantes d'existence du point cherché.
210 (séries entières) : Un candidat bien inspiré a pensé à proposer plusieurs exemples de séries entières issues des équations différentielles.
212 (séries de Fourier) : Le développement ne peut se limiter à la recherche des coefficients de Fourier d'une fonction plus ou moins simple et à l'application subséquente du théorème de Dirichlet. Par extension, on peut admettre des études de séries trigonométriques mais il faut alors se demander si ce sont des séries de Fourier (ou non) et de quelle fonction.
215 (comparaison série-intégrale) : Le jury a apprécié une très bonne prestation basée sur diverses applications (séries de Bertrand, constante d'Euler, formule de Stirling, fonction Zeta...
217 (fonctions convexes) : Les prestations sur ce sujet ont été assez décevantes, avec peu d'exemples significatifs et des développements assez pauvres.
218 (formules de Taylor) : Peut-être à la suite de mentions répétées dans les rapports des sessions antérieures, les candidats font maintenant correctement la différence entre les formules locales et les formules globales.
220 (calcul approché d'intégrales) : Les méthodes probabilistes sont à envisager dès qu'il s'agit d'intégrales multiples.
222 (intégrale d'une fonction continue par morceaux) : Cette leçon peut amener une réflexion sur le lien entre intégrales et primitives.
224 (équations différentielles linéaires) : Le développement ne peut se limiter à la résolution effective d'une équation scalaire à coefficients constants ; des études qualitatives de solutions, même simples,

peuvent ici être proposées. De manière plus particulière, le wronskien est peu exploité et assez mal compris.
237 : Cette leçon a parfois donné lieu à des exposés très longs, combinant une présentation de l'intégrale de Riemann avec un examen plus spécifique du rapport entre intégrales et primitives. Il était ici raisonnable de faire un choix et de considérer comme acquise la définition de l'intégrale d'une fonction continue sur un segment. Par ailleurs, la définition des fonctions continues par morceaux a souvent posé problème, sans parler du cas des fonctions continues par morceaux sur un intervalle ouvert.
249 (loi normale) : Le théorème de la limite centrée joue évidemment un rôle dans cette leçon, mais on devrait aussi le voir apparaitre ailleurs.
252 (calcul approché d'intégrales) : Une discussion sur les « formules » (ou plutôt majorations) d'erreur est incontournable.

5.3 L'épreuve orale d'exemples et exercices

5.3.1 Principe et déroulement de l'épreuve

L'épreuve dite d'exemples et exercices consiste à présenter à partir de situations particulières (d'où le nom de l'épreuve) comment le candidat conçoit la pratique des mathématiques par rapport aux connaissances fondamentales, aux différents niveaux d'enseignement et aux outils qui peuvent être éventuellement mobilisés (logiciels, programmation).

À son arrivée, le candidat tire au sort une enveloppe comportant deux thèmes d'exercices ainsi qu'une clé USB. Il dispose alors de trois heures pour préparer l'un des deux thèmes, pendant lesquelles il peut librement consulter les ouvrages mis à sa disposition par la bibliothèque de l'agrégation, ou bien ceux qu'il aura pris soin d'apporter avec lui. Il peut utiliser les logiciels qui sont mis à sa disposition pour préparer la partie de sa présentation qui pourra y faire appel. Les fichiers créés par le candidat sont sauvegardés sur la clé USB qui est par la suite transmise au jury.

Pendant sa préparation, le candidat sélectionne trois à six exercices correspondant au thème retenu et rédige un document comportant la liste des énoncés, ainsi que les motivations et remarques correspondantes. À l'issue de la préparation, des photocopies de ce document sont réalisées par les appariteurs ; ces photocopies sont remises aux examinateurs et l'épreuve orale proprement dite peut alors commencer.

L'épreuve se déroule alors en trois temps :

1. Présentation motivée de l'ensemble des exercices sélectionnés par le candidat (durée maximale de 15 minutes).
2. Résolution commentée d'un des exercices au choix du candidat parmi ceux qu'il vient de présenter (durée minimale de 15 minutes).
3. Questions du jury (durée minimale de 15 minutes).

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 soutenus peuvent être adoptés sous réserve d'une bonne maîtrise des notions mathématiques sous-jacentes et d'une réelle qualité d'exposition.

5.3.2 Utilisation de logiciels

Les mathématiques d'aujourd'hui utilisent largement les moyens mis à disposition par les progrès de l'informatique, qu'il s'agisse de logiciels prêts à l'emploi ou d'algorithmes résolvant des problèmes de manière explicite. Cette situation a modifié de manière importante les conditions de l'exercice du métier d'enseignant : d'une part, certaines tâches techniques (longs calculs, tracés de courbes, modélisation de situations géométriques) sont facilitées par des logiciels spécialisés et d'autre part différents logiciels interviennent couramment comme outils pédagogiques. Enfin, on doit mentionner la présence de l'algorithmique dans les programmes de mathématiques au niveau du lycée.

Cette dimension est évaluée lors de l'épreuve orale d'exemples et exercices pour laquelle les candidats disposent d'un matériel informatique, fonctionnant sous Linux, et d'un choix de logiciels qui sont précisés sur le site du jury (adresse `http://agreg.org/interne/logiciels.html`). Les candidats ont la possibilité, **s'ils le souhaitent**, d'illustrer **un** (et pas plus d'un) des exemples ou exercices proposés au moyen d'un algorithme effectivement programmé ou de l'usage d'un logiciel. Il convient 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 ». Les logiciels mis à disposition, notamment de calcul formel, peuvent servir pour venir à bout plus efficacement de situations de calcul (notamment en algèbre linéaire), sans qu'il soit absolument nécessaire de présenter le détail des commandes face au jury. On pourra également utiliser avec profit des logiciels de calcul numérique afin de proposer des applications significatives des exemples proposés.

Le but de la présentation effectuée par le candidat n'est ni une description factuelle d'une succession d'actions ni la démonstration d'une quelconque virtuosité technique ou performance matérielle. Au contraire, le jury attend 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 ; le fonctionnement effectif (sur machine) ne sera qu'un élément parmi d'autres. Enfin, les candidats doivent veiller à ne pas passer plus de la moitié de leur temps d'exposé à développer cet aspect des choses.

Bien que les notions de complexité et de preuve d'algorithmes ne figurent pas dans le programme du concours, les candidats doivent prendre conscience du fait que ce sont des questions qui peuvent surgir assez rapidement à l'occasion de telle ou telle étude (que l'on songe, par exemple, aux méthodes de calcul de déterminants).

Lors de la session 2011 (comme en 2010) l'usage des logiciels est demeuré modeste (environ un candidat sur cinq), mais certains candidats ont sur faire preuve d'une réelle maîtrise de l'outil qui leur a permis de donner des illustrations originales et efficaces de leur sujet (ainsi, à propos de la géométrie sphérique ou des marches aléatoires) ou d'alléger le traitement de situations calculatoires (notamment en algèbre linéaire). De manière générale, l'usage des logiciels semble doucement entrer dans les murs. Il convient à ce propos de rappeler que cet usage n'est pas un but en soi et doit avant tout illustrer adéquatement le sujet choisi par le candidat, apportant une réelle plus-value (ainsi, le simple tracé d'une parabole ne peut être considéré comme un apport consistant). Quelques (rares) candidats ont pensé à illustrer des situations algorithmiques par de courts programmes formulés en langage Python ou Scilab, ce qui a été apprécié par le jury.

Pour la session 2012, le jury attendra un usage plus systématique des moyens informatiques mis à disposition pour les sujets qui s'y prêtent, et rappelle aux candidats que la prise en main d'un outil le jour du concours n'est pas une attitude raisonnable. Les candidats sont donc invités à télécharger (sur le site suivant : `http://clefagreg.dnsalias.org`) un système très voisin de celui qui servira lors de la prochaine session et qui tient entièrement dans une clé USB.

5.3.3 Présentation motivée des exercices

Il s'agit d'expliquer soigneusement les raisons qui ont conduit au choix des exercices. Motiver le choix d'une liste d'exercices, c'est expliquer la pertinence de ce choix 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 suggestions quant à des motivations possibles :

Objectif : Il s'agit là d'une analyse didactique visant à insérer les exercices dans une perspective d'enseignement. Il est important d'indiquer à quel public s'adressent les exercices et ce qu'ils supposent connu de ce public, mais l'adéquation d'un exercice par rapport au programme officiel de telle ou telle classe ne suffit pas à en justifier l'emploi ; 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. On peut aussi préciser la nature du travail de l'élève (exercice d'entrainement, de réinvestissement, d'évaluation, de recherche) ainsi que les apprentissages visés. En revanche, un exercice ne peut consister en la démonstration d'un théorème du cours.

Niveau : Les difficultés éventuelles d'un énoncé doivent être soulignées. 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.

Cohérence : Les énoncés ne doivent pas constituer une collection hétéroclite, sans que jamais 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 : Le jury apprécie de trouver quelques exercices réellement intéressants dans le choix proposé ; le fait qu'un exercice apparaisse dans un livre ne garantit aucunement qu'il présente de l'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.

Choix et présentation des exercices : ce qu'en font les candidats

La pertinence du choix de l'exercice est un élément important d'appréciation. Il s'agit de trouver un juste équilibre entre deux situations extrêmes : on voit parfois des candidats énumérer quatre énoncés d'exercices plutôt consistants pour finalement proposer la résolution d'un premier exercice très élémentaire (effet désastreux garanti) ; et l'excès inverse, qui consiste à s'engager dans la résolution d'un exercice d'une complexité mal mesurée, est également fort risqué. De manière générale, les exercices très élémentaires tendent à desservir les candidats.

On attend des candidats qu'ils proposent des exercices réellement différents soit par leurs domaines spécifiques soit par leurs méthodes de traitement, et non plusieurs habillages d'une seule et même idée. Ces exercices ne doivent pas relever d'une astuce mais donner une méthode de résolution réutilisable et pédagogiquement efficace.

Les intitulés commençant par « Exercices faisant intervenir… » n'ont pas toujours été bien compris : certains candidats ont choisi des exercices (parfois fort techniques) presque exclusivement centrés sur la notion concernée (nombres premiers, division euclidienne, trigonométrie) alors que d'autres exercices, un peu plus variés, auraient mieux mis en valeur leurs qualités ; il ne soit pas s'agir de simples exercices d'entrainement sur la notion visée.

Une autre erreur à éviter est le hors sujet : le candidat doit veiller à ce que les exercices qu'il propose entrent bien dans le cadre délimité par le titre du sujet.

Bien souvent, les candidats n'ont pas pris la peine de réfléchir à cette première partie de leur oral et se contentent de donner lecture de leurs énoncés en quelques minutes. D'autres encore, pratiquent avec plus ou moins de conviction la stratégie du « remplissage », qui consiste à occuper au mieux les quinze minutes dont ils disposent, en diluant la présentation de leurs exercices à grands coups de phrases creuses comme « j'ai choisi l'exercice 1 parce qu'il était facile, le 2 parce qu'il était un peu plus dur, le 3 parce qu'il est difficile et le 4 parce qu'il m'a paru plus intéressant ». Un bavardage pseudopédagogique n'est pas non plus d'un grand effet, surtout quand la résolution qui suit bute sur des obstacles importants.

D'autres enfin se contentent d'énoncer quelques théorèmes en rapport avec les exercices : ce n'est pas cela non plus qui est attendu.

Cependant, 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 ; ces diverses attitudes influent bien évidemment sur la note attribuée au candidat.

5.3.4 Résolution détaillée d'un exercice

À l'issue de la présentation des exercices, le candidat désigne un exercice qu'il se propose de résoudre en détail. Insistons sur le fait que ce choix revient au candidat et non aux examinateurs. Au cours de cette phase, tout comme pour la précédente, les examinateurs n'interviennent pas et le candidat doit faire preuve d'autonomie. Certains choix d'exercices peuvent s'avérer malencontreux, notamment lorsque des calculs sont requis ; les candidats confrontés à cette situation ont souvent eu du mal à gérer la longueur et la technicité des calculs. On recommande, en pareil cas, d'exposer la démarche en premier lieu, puis d'approfondir les points les plus marquants ; le jury demandera, le cas échéant, des détails complémentaires.

Il ne convient pas de commencer l'exposé par de longs rappels de cours.

Plusieurs candidats ont eu des difficultés pour venir à bout des calculs en raison des nombreuses erreurs qu'ils commettaient. Les démarches de calcul ne sont pas un but en soi, mais si elles constituent une part importante de l'exercice choisi elles doivent être maitrisées. À ce propos, on rappelle que plusieurs logiciels de calcul formel sont mis à la disposition des candidats.

D'autres candidats, ayant choisi des exercices courts et très simples, ont eu bien du mal à utiliser le temps qui leur était imparti, ce qui les a assurément desservis.

Les candidats doivent aussi s'assurer que les énoncés des exercices qu'ils proposent ne comportent pas d'erreurs (cette situation a déstabilisé plusieurs candidats trop confiants dans leurs livres).

Enfin, 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.

Si les paragraphes qui précèdent rassemblent un certain nombre de critiques, il ne faut pas perdre de vue le fait que 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.

5.3.5 Quelques sujets particuliers

303 : Un candidat qui présentait un exercice comportant des calculs assez importants a évoqué l'usage possible d'un logiciel pour effectuer ces calculs… sans aller jusqu'à s'en servir vraiment !

304 (Bézout) : Ce sujet ne doit pas se limiter à des situations issues de l'arithmétique entière et devrait comporter au moins une partie d'algèbre linéaire.
306 : Les algorithmes attendus ne se limitent pas à l'algorithme d'Euclide, certains candidats proposent le calcul des coefficients de l'identité de Bézout (permettant la recherche de l'inverse d'un élément dans un anneau de classes résiduelles), parfois illustré d'une mise en uvre informatique. On mentionne, beaucoup plus rarement, la recherche des décompositions en éléments simples des fractions rationnelles.
307 (dénombrements) : Les exercices portant sur les coefficients binomiaux ne sont pas tous *a priori* des exercices de dénombrement : encore faut-il mettre en évidence la situation de dénombrement associée à la formule visée !
308 (coefficients et racines) : Ce sujet a trop souvent donné lieu à des développements inconsistants. On suggère aux candidats d'examiner les formules de Newton ou les méthodes de transformation des équations algébriques.
309 (polynômes) : Le jury a entendu avec plaisir une présentation de l'application des polynômes à la recherche des polygones réguliers. Quelques évocations du polynôme minimal d'une matrice ont varié le menu, il eût même été possible d'aborder le polynôme minimal d'un élément algébrique sur un corps.
312 (matrices inversibles) : On aurait ici souhaité entendre quelques raisonnements par densité. L'inversion proprement dite d'une matrice peut être fastidieuse si elle n'est pas habilement conduite, ce qui peut justifier l'usage d'un logiciel de calcul numérique ou formel.
314 (déterminants) : Les exercices choisis pour ce sujet furent souvent originaux mais pas toujours correctement maîtrisés (le calcul des déterminants est un sujet potentiellement très technique). L'usage de corps finis a permis de renouveler quelque peu ce sujet, il convenait toutefois de s'assurer que la caractéristique du corps était différente de 2.
315 (valeurs et vecteurs propres) : Un candidat, qui voulait illustrer ce sujet par un système différentiel linéaire à coefficients constants, s'est enlisé dans des détails techniques mal maîtrisés. Il convenait de mieux préparer la démarche de résolution voire d'utiliser les logiciels mis à disposition.
317 : Ce sujet a été brillamment illustré par un candidat qui a choisi de s'appuyer sur une situation issue de la Physique avec une utilisation judicieuse d'un logiciel de géométrie dynamique. Un autre candidat a fait preuve d'originalité en s'attaquant à une diagonalisation sur un corps fini ! En sens inverse, le calcul d'un polynôme caractéristique suivi de la recherche des éléments propres présentent peu d'intérêt quand un système de calcul formel peut accomplir les mêmes tâches en peu de temps ; ce type d'illustration n'a d'attrait que si l'ordinateur n'en vient pas à bout.
De manière générale, il convient de ne pas perdre de vue les endomorphismes associés pour ces problèmes de diagonalisation, car cela permet souvent des approches plus naturelles.
321 (réduction des matrices symétriques) : On attend ici au moins une évocation des coniques, voire des quadriques (dont il faut savoir donner une définition raisonnable).
326 : Les applications affines connues des candidats sont peu variées (essentiellement, des homothéties et translations, parfois quelques isométries). Le cas des symétries affines (comme celui des projections affines) peut donner lieu à de nombreux exemples et exercices intéressants, mais il faut pour cela en maîtriser la définition.
339 : Certains candidats ont eu quelques difficultés avec ce sujet en raison d'une confusion latente entre isométries affines et isométries vectorielles. La différence apparait nettement lorsqu'interviennent les symétries glissées dans le plan ainsi que les déplacements hélicoïdaux (ou vissages) dans l'espace. De manière générale, la présence de translations dans les groupes de frises et de pavages est un élément incontournable.
345 (triangles) : De trop nombreuses présentations de niveau collège. On suggère de renouveler ce thème avec un peu de théorie des groupes ou de calcul différentiel, par exemple...
346 (problèmes modélisés par des graphes) : Ce sujet n'a pas été fréquemment retenu, mais il a donné

lieu à un exposé de grande qualité, où les notions fondamentales étaient brièvement rappelées avant un développement judicieux incluant des algorithmes ainsi que leur mise en uvre.

402 (suites, séries divergentes) : Certaines études de séries nécessitent une bonne maîtrise de la notion de suites équivalentes, ce qui n'a pas toujours été le cas. En cas de doute, une définition précise de l'équivalence de deux suites sera demandée. Un candidat a judicieusement utilisé un logiciel pour illustrer différents cas de convergence et de divergence de suites récurrentes du type $u_{n+1} = f(u_n)$ pour diverses fonctions f.

405 (calcul de la somme d'une série) : Les exercices proposés ont été assez variés. Pour diversifier encore, on pourra songer aux situations probabilistes sur des espaces probabilisés dénombrables.

409 (polynômes orthogonaux) : Les candidats qui ont choisi ce sujet en ont souvent tiré un bon parti ; un candidat s'est ainsi intéressé au calcul des polynômes de Legendre et de Tchebychef au moyen d'un système de calcul formel. Le lien avec les problèmes de plus courte distance et de meilleure approximation pourrait fournir d'autres applications.

410 (comparaison de modes de convergence) : La distinction entre convergence normale et convergence uniforme est ici importante et doit être maîtrisée.

411 (fonctions définies par une série) : L'énoncé d'un théorème de dérivation terme à terme a fait buter plusieurs candidats.

414 (séries de Fourier) : Ce sujet a donné lieu à de bonnes prestations ; le théorème de Fejer a été plusieurs fois proposé, c'est une démarche qui peut être longue si elle n'est pas efficacement conduite.

415 (accroissements finis) : Ce sujet a souvent donné lieu à des exercices très proches du cours, peu intéressants en soi ; on déplore l'oubli presque systématique des fonctions de plusieurs variables . On pouvait, par exemple, s'intéresser à des suites récurrentes dans $\mathbf{R}$ ou $\mathbf{R}^2$.

417 (approximation de fonctions) : Encore un sujet de nature à étudier et mettre en uvre des algorithmes, ce qu'on souhaite voir plus souvent.

418 (développements limités) : Les situations provoquant des recherches de développements limités sont trop souvent artificielles. On pouvait s'intéresser aux études de points singuliers de courbes planes paramétrées, ou au positionnement du plan tangent à une surface, ou encore aux suites de racines (x_n) d'une équation dépendant d'un entier n.

421 (calcul d'intégrales) : Proposer une valeur approchée pour une intégrale n'a pas de sens si on ne donne pas une majoration de l'erreur.

422 (intégrales impropres) : Les exercices présentés ont parfois donné lieu à des ambiguïtés (intégration au sens de Riemann ou de Lebesgue) voire à des erreurs. Pour varier un peu, signalons que certaines situations probabilistes (liées aux lois normale, de Laplace, Gamma) fournissent des exemples intéressants.

427 (fonctions définies par une intégrale) : Plusieurs candidats ont eu de la peine à citer un théorème de changement de variables pour une intégrale simple avec les bonnes hypothèses (ce qui nécessite du soin dans le cas des fonctions continues par morceaux).

428 (équations différentielles scalaires) : On attendait ici au moins un exemple d'application de la méthode de variation des constantes et, si possible, des exemples d'équations issus de problèmes concrets.

429 (systèmes différentiels linéaires) : Des exercices très calculatoires ont parfois été proposés, pour lesquels une approche utilisant un système de calcul formel aurait été plus judicieuse.

442 (applications des probabilités) : Ce sujet a donné lieu à des exposés variés et intéressants, montrant que le rapport de la session 2010 a été mis à profit.

437 (variables aléatoires) : On aimerait ici voire apparaitre quelques variables aléatoires à densité !

443 ($F(X) = 0$) : Ce sujet a donné lieu à quelques exposés très réussis.

5.3.6 Questions du jury

Ces questions peuvent être de plusieurs sortes. Tout d'abord, il est bien souvent demandé au candidat de donner des précisions sur la résolution de l'exercice qu'il a proposé. Cela permet de corriger d'éventuels lapsus (ou de mettre en évidence une faille dans la démonstration) et 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). Le candidat doit s'attendre à être interrogé au moins partiellement sur la résolution de **chaque exercice** qu'il propose (certains candidats se sont laissé surprendre par un tel questionnement). À défaut de connaitre par cur tous les calculs en détail, il faut au minimum connaitre les méthodes utilisées et les différents enchainements 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, le candidat, par un choix d'exercices trop ambitieux, risque d'élever le niveau des questions qui peuvent lui être 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 afin de le classer, le plus justement possible, par rapport aux autres candidats.

5.3.7 Les attentes du jury

Comme on l'aura compris dans les paragraphes qui précèdent, le jury base son évaluation sur un ensemble de critères variés permettant d'apprécier à leur juste valeur les prestations des candidats. Sans entrer dans les détails, le jury attache de l'importance aux points suivants :

- le candidat maitrise les mathématiques au niveau attendu pour le concours (notamment en ce qui concerne les énoncés des définitions et théorèmes, ainsi que le raisonnement logique)
- le candidat présente un réel contenu mathématique ;
- le candidat sait mobiliser ses connaissances mathématiques en vue de résoudre un problème avec rigueur ou d'expliquer un phénomène ;
- le candidat sait motiver ses choix et ses actions, expliquer clairement les raisons de sa démarche ;
- le candidat assure une cohérence entre les différents éléments qu'il présente ;
- le candidat sait communiquer efficacement en se servant de différents supports (oral, tableau, écran projeté) ;
- le candidat fait preuve d'esprit d'initiative et d'une bonne réactivité en réponse aux questions posées.

5.4 Liste des sujets de la session 2011

Leçons d'algèbre et géométrie

101 : Groupes monogènes, groupes cycliques. Exemples.

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

103 : Congruences dans $\mathbf{Z}$, anneau $\mathbf{Z}/n\mathbf{Z}$. Applications.

104 : Nombres premiers.

106 : PGCD dans $K[X]$, où K est un corps commutatif, théorème de Bézout. Applications.

108 : 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.

111 : Changements de bases en algèbre linéaire. Applications.

112 : Opérations élémentaires sur les lignes ou les colonnes d'une matrice. Applications.

113 : Déterminants. Applications.

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

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

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

119 : Utilisation des nombres complexes en géométrie.

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

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

128 : Barycentres. Applications.

129 : Droites et plans dans l'espace.

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 : Différentes notions de rang en algèbre linéaire.

146 : Coniques.

147 : Courbes planes paramétrées.

148 : Angles dans le plan.

150 : Diverses factorisations de matrices.

151 : Réduction d'un endomorphisme d'un espace vectoriel de dimension finie. Applications.

155 : Systèmes linéaires.

156 : Valeurs propres. Recherche et utilisation.

157 : Arithmétique dans $\mathbf{Z}$.

158 : Actions de groupes. Exemples et applications.

159 : Algorithme d'Euclide dans $\mathbf{Z}$. Calcul de PGCD et de coefficients de Bézout. Applications.

160 : Algorithme du pivot de Gauss. Applications.

161 : Étude métrique des courbes planes.

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 étant supposés connus).

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

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 en analyse, en analyse numérique.

208 : Théorème du point fixe. Applications.

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.

222 : Intégrale d'une fonction numérique continue par morceaux sur un segment. Propriétés.

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 ; écriture matricielle. Exemples.

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

228 : Recherche d' extremums pour une fonction d'une ou plusieurs variables réelles.

229 : Suite de variables aléatoires indépendantes de même loi de Bernoulli. Variable aléatoire de loi binomiale. Approximations de cette loi.

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

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

232 : Variables aléatoires possédant une densité. Exemples.

233 : Méthodes d'approximation d'un nombre réel, exemples.

234 : Équations différentielles non linéaires du premier ordre.

235 : Fonction exponentielle de variable réelle, complexe, matricielle...

237 : Intégrales et primitives.

238 : Le nombre π.

241 : Diverses notions de convergence en analyse ou en probabilités. Exemples.

243 : Différentiabilité d'une fonction numérique de deux variables réelles, gradient ; applications.

244 : Inégalités avec étude des cas d'égalité. Par exemple : Cauchy-Schwarz, Parseval, convexité...

246 : Applications de l'analyse au calcul des grandeurs (longueur, aire, volume...).

249 : Loi normale en probabilités.

251 : Algorithmes de résolution approchée d'une équation numérique.

252 : Algorithmes de calcul approché d'intégrales.

253 : Algorithmes d'approximation des solutions d'une équation différentielle.

255 : Algorithmes d'approximation du nombre π.

256 : Vitesse de convergence, accélération de convergence.

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

Exemples et exercices d'algèbre et géométrie

301 : Exercices sur les groupes.

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

303 : Exercices faisant intervenir la division euclidienne.

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 et mettant en oeuvre des algorithmes associés.

307 : Exercices faisant intervenir des dénombrements.

308 : Exercices faisant intervenir les relations entre coefficients et racines d'un polynôme.

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'usage de la notion de rang dans des domaines variés.

312 : Exercices illustrant l'emploi de matrices inversibles dans des domaines variés.

313 : Exercices illustrant l'utilisation de systèmes 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 algorithmes de calcul matriciel.

320 : Exercices sur les isométries vectorielles dans les espaces euclidiens en dimensions 2 et 3.

321 : Exercices illustrant l'utilité de 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.

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

332 : Exercices sur les cercles.

334 : Exercices sur les coniques.

335 : Exercices sur les courbes planes.

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 résolution de problèmes modélisés par des graphes.

347 : Exercices faisant intervenir la trigonométrie.

Exemples et exercices d'analyse et probabilités

401 : Exemples d'étude de suites de nombres réels ou complexes.

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.

406 : Exemples de comportement asymptotique de suites ; rapidité de convergence.

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 : Exercices sur les suites de polynômes orthogonaux.

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 développements en série entière. Applications.

413 : Exemples d'emploi de séries entières ou trigonométriques pour la recherche de solutions d'équations différentielles.

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 divers modes d'approximation de fonctions numériques.

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

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

422 : Exemples d'étude d'intégrales impropres.

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

425 : Exemples de calculs d'aires et de volumes.

426 : Exemples et applications de calculs d'intégrales multiples.

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

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

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

430 : Exemples d'équations différentielles issues des sciences expérimentales ou de l'économie.

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

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

433 : Approximations du nombre π.

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

435 : Exemples d'étude probabiliste de situations concrètes.

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

437 : Exercices faisant intervenir des variables aléatoires.

439 : Exemples d'étude et de calcul de la norme d'une application linéaire continue.

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.

442 : Exercices illustrant l'utilisation des probabilités dans des domaines variés des mathématiques.

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

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

445 : Exemples de résolution exacte et de résolution approchée d'équations différentielles scalaires.

Chapitre 6

Bibliothèque de l'agrégation de mathématiques

AABELSON H. **SUSSMAN G. J.** **SUSSMAN J.**	Structure and interpretation of computer programs	MIT Press
AHUÉS M. **CHATELIN F.**	Exercices de valeurs propres de matrices	Masson
ALBERT L. **Collectif**	Cours et exercices d'informatique	Vuibert
ALDON G.	Mathématiques dynamiques	Hachette éducation
ALESSANDRI M.	Thèmes de géométrie	Dunod
ALLOUCHE J. P. **SHALLIT J.**	Automatic sequences theory, applications, generalizations	Cambridge
AMAR E. **MATHERON É.**	Analyse complexe	Cassini
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 1A - Topologie	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 1B - Fonctions numériques	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 2 - Suites et séries numériques	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 3 - Analyse fonctionnelle	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 5 - Algèbre générale, polynômes	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 6 - Algèbre linéaire, première partie	Ellipses
ANDLER M. **BLOCH J. D.** **MAILLARD B.**	Exercices corrigés de Mathématiques, Tome 7 - Algèbre linéaire, deuxième partie	Ellipses

ANDREWS G.	Number Theory	Dover
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in C	Cambrigde
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in Java	Cambrigde
APPEL A.W.	Modern compiler implementation, in ML	Cambrigde
ARIBAUD F. **VAUTHIER J.**	Mathématiques. Première année de DEUG	ESKA
ARNAUDIES J-M. **BERTIN J.**	Groupes, Algèbres et Géométrie, Tome I	Ellipses
ARNAUDIES J-M. **BERTIN J.**	Groupes, Algèbres et Géométrie, Tome II	Ellipses
ARNAUDIES J-M. **DELEZOIDE P.** **FRAYSSE H.**	Exercices résolus d'algèbre bilinéaire et géométrie du cours de Mathématiques tome 4	Dunod
ARNAUDIES J-M. **DELEZOIDE P.** **FRAYSSE H.**	Exercices résolus d'analyse tome 2	Dunod
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 1. Algèbre	Dunod
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 2. Analyse	Dunod
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 3. Compléments d'analyse	Dunod
ARNAUDIES J-M. **FRAYSSE H.**	Cours de Mathématiques, 4. Algèbre bilinéaire et géométrie	Dunod
ARNOLD A. **GUESSARIAN I.**	Mathématiques pour linformatique	Ediscience
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 Universitext
ARTIN E.	Algèbre géométrique	Gauthier-Villars
ARTIN E.	Algèbre géométrique	Gabay
ARTIN M.	Algebra	Prentice Hall
AUBIN J.P.	Analyse fonctionnelle appliquée, Tome 1	PUF
AUBIN J.P.	Analyse fonctionnelle appliquée, Tome 2	PUF
AUDIN M.	Géométrie de la licence à l'agrégation	Belin
AUTEBERT J. M.	Calculabilité et décidabilité	Masson
AUTEBERT J. M.	Théorie des langages et des automates	Masson
AVANISSIAN V.	Initiation à l'analyse fonctionnelle	PUF
AVEZ A.	Calcul différentiel	Masson
BAASE S. **VAN GELDER A.**	Computer algorithms, Introduction to design & analysis	Addison Wesley

BADOUEL E. **BOUCHERON S.** **DICKY A.** **PETIT A.** **SANTHA M.** **WEIL P.** **ZEITOUN M.**	Problèmes d'informatique fondamentale	Springer
BAJARD J.-C.	Exercices dalgorithmique	International Thomson
BAKHVALOV N.	Méthodes numériques	MIR
BARANGER J.	Analyse numérique	Hermann
BARBE Ph. **LEDOUX M.**	Probabilité (De la licence à l'agrégation)	Belin
BASILI B. **PESKINE C.**	Algèbre	Diderot, éditeur Arts et Sciences
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
BENDER C. **ORSZAG S.**	Advanced mathematical methods for scientists and engineers	Mc Graw Hill
BENIDIR M. **BARRET M.**	Stabilité des filtres et des systèmes linéaires	Dunod
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
BERCU B **CHAFAI D.**	Modélisation stochastique et simulation	Dunod
BERGER M.	Géométrie tome 2	Nathan
BERGER M.	Géométrie, 1. Action de groupes, espaces affines et projectifs	Cédic/Nathan
BERGER M.	Géométrie, 2. Espaces euclidiens, triangles, cercles et sphères	Cédic/Nathan
BERGER M.	Géométrie, 3. Convexes et polytopes, polyèdres réguliers, aires et volumes	Cédic/Nathan
BERGER M.	Géométrie, 4. Formes quadratiques, quadriques et coniques	Cédic/Nathan

BERGER M.	Géométrie, 5. La sphère pour elle-même, géométrie hyperbolique, l'espace des sphères	Cédic/Nathan
BERGER M.	Géométrie, Index	Cédic/Nathan
BERGER M. **BERRY J-P.** **PANSU P.** **SAINT RAYMOND X.**	Problèmes de géométrie commentés et rédigés	Cédic/Nathan
BERGER M. **GOSTIAUX B.**	Géométrie différentielle	Armand, Colin
BERLINE N. **SABBAH C.**	Groupes finis, Journées mathématiques X-UPS 2000	Editions de l'X
BHATIA R.	Matrix analysis	Springer
BICKEL P.J. **DOKSUM K.A.**	Mathematical statistics	Prentice Hall
BIDEGARAY B. **MOISAN L.**	Petits problèmes de mathématiques appliquées et de modélisation	Springer
BIGGS NORMAN L.	Discrete mathematics	Oxford Science, Publications
BILLINGSLEY P.	Probability and measure	Copyrighted Material
BLANCHARD A.	Les corps non commutatifs	PUF
BOAS R.	A primer of real functions	Mathematical association of America
BOISSONNAT J.-D. **YVINEC M.**	Géométrie algébrique	Ediscience
BON J.L.	Fiabilité des systèmes	Masson
BONNANS J.F. **GILBERT J.C.** **LEMARECHAL C.** **SAGASTIZABAL C.**	Optimisation numérique	Springer
BOUALEM H. **BROUZET R.** **ELSNER B.** **KACZMAREK L.** **PENNEQUIN D.**	Mathématiques L1. Cours complet avec 1000 tests et exercices corrigés	Pearson Education
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
BOUVIER A. **RICHARD D.**	Groupes	Hermann

BREMAUD P.	Introduction aux probabilités	Springer
BREZIS H.	Analyse fonctionnelle, théorie et applications	Masson
BRIANE M. **PAGES G.**	Théorie de l'intégration, Cours et exercices, 3ème édition	Vuibert
BROUSSE P.	Mécanique MP - PC.- Spéciales A. A'. B. B'.	Armand, Colin
BRUCE J.W. **GIBLIN P.J.** **RIPPON P.J.**	Microcomputers and Mathematics	Cambridge
CABANE R. **LEBOEUF C.**	Algèbre linéaire, 1. Espaces vectoriels , Polynômes	Ellipses
CABANE R. **LEBOEUF C.**	Algèbre linéaire, 2. Matrices et réduction	Ellipses
CABANNES H.	Cours de Mécanique générale	Dunod
CALAIS J.	Éléments de théorie des anneaux vol I	PUF
CALAIS J.	Éléments de théorie des groupes	PUF
CARREGA J.C.	Théorie des corps	Hermann
CARTAN H.	Calcul différentiel	Hermann
CARTAN H.	Formes différentielles	Hermann
CARTAN H.	Théorie élémentaire des fonctions analytiques	Hermann
CASTI J.	Reality rules tome I	Wiley
CASTI J.	Reality rules tome II	Wiley
CASTLEMAN K.R.	Digital image processing	Prentice Hall
CHABAT B.	Introduction à lanalyse complexe tome I	MIR
CHAMBERT-LOIR A.	Algèbre corporelle	Editions de l'X
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 2	Masson
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 3	Masson
CHAMBERT-LOIR A. **FERMIGER S.** **MAILLOT V.**	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Analyse 1 (seconde édition revue et corrigée)	Masson
CHARPENTIER E. **NILKOLSKIN N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui	Cassini
CHARPENTIER E. **NILKOLSKIN N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 1	Cassini
CHARPENTIER E. **NILKOLSKIN N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 2	Cassini
CHARPENTIER E. **NILKOLSKIN N.**	Leçons de mathématiques d'aujourd'hui vol. 3	Cassini
CHATELIN F.	Valeurs propres de matrices	Masson
CHILDS L.	A concrete introduction to Higher Algebra	Springer Verlag
CHOIMET D. **QUEFFELEC H.**	Analyse mathématiques	Calvage et Mounet
CHOQUET G.	Cours d'analyse Tome II : Topologie	Masson

CHOQUET G.	L'enseignement de la géométrie	Hermann
CHRISTOL G. **PILIBOSSIAN P.** **YAMMINE S.**	Algèbre 1	Ellipses
CHRISTOL G. **PILIBOSSIAN P.** **YAMMINE S.**	Algèbre 2	Ellipses
CIARLET P.G.	Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation	Masson
COGIS O. **ROBERT C.**	Au-delà des ponts de Könisberg. Théorie des graphes. Problèmes, théorie, algorithmes	Vuibert
COHN P.M.	Algebra Volume 1	John Wiley
COLLET H. **GIRARD B.** **PERRIER C.**	Mathématiques BTS industriel	Nathan
COLLET P.	Modeling binary data	Chapman and Hall
COMBROUZE A.	Probabilités et statistiques	PUF
CORI R. **LASCAR D.**	Logique mathématique, 1. Calcul propositionnel, algèbre de Boole, calcul des prédicats	Dunod
CORI R. **LASCAR D.**	Logique mathématique, 2. Fonctions récursives, théorème de Gödel, théorie des ensembles, théorie des modèles	Dunod
CORMEN T. H. **LEISERSON C. E.** **RIVEST R. L.** **STEIN C.**	Introduction à l'algorithmique	Dunod
COTRELL M. **GENON-CATALOT V.** **DUHAMEL C.** **MEYRE T.**	Exercices de probabilités	Cassini
COURANT R. **HILBERT D.**	Methods of Mathematical Physics, Volume 1	John Wiley
COURANT R. **HILBERT D.**	Methods of Mathematical Physics, Volume 2	John Wiley
COUSINEAU G. **MAUNY M.**	Approche fonctionnelle de la programmation	Ediscience
COX D.	Galois theory	Wiley
COXETER H.S.M.	Introduction to Geometry	John Wiley
CVITANOVIC P.	Universality in Chaos	Institute of Physics, Publishing
DACUNHA-CASTELLE D. **DUFLO M.**	Exercices de Probabilités et Statistiques, 1. Problèmes à temps fixe	Masson
DACUNHA-CASTELLE D. **DUFLO M.**	Probabilités et Statistiques, 1. Problèmes à temps fixe	Masson

DACUNHA-CASTELLE D. **REVUZ D.** **SCHREIBER M.**	Recueil de problèmes de calcul des probabilités	MASSON
DAMPHOUSSE P.	Petite introduction à lalgorithmique	ELLIPSES
DANTZER J.-F.	Mathématiques pour lagrégation interne, Analyse et probabilités. Cours et exercices corrigés	VUIBERT
DARTE A. **VAUDENAY S.**	Algorithmique et optimisation	DUNOD
DAVID R. **NOUR K.** **RAFFALI C.**	Introduction à la logique, Théorie de la démonstration	DUNOD
de KONNINCK J.M. **MERCIER A.**	Introduction à la théorie des nombres	MODULO
DEHEUVELS P.	L'intégrale	PUF
DEHEUVELS P.	L'intégrale	QUE-SAIS-JE ? PUF
DEHEUVELS R.	Formes quadratiques et groupes classiques	PUF
DEHORNOY P.	Complexité et décidabilité	SPRINGER
DEHORNOY P.	Mathématiques de l'informatique	DUNOD
DELTHEIL R. **CAIRE D.**	Géométrie et compléments	JACQUES GABAY
DEMAILLY J.P.	Analyse numérique et équations différentielles	PU GRENOBLE
DEMAZURE M.	Catastrophes et bifurcations	ELLIPSES
DEMAZURE M.	Cours d'algèbre : primalité, divisibilité, codes	CASSINI
DEMBO A. **ZEITOUNI O.**	Large deviations techniques and applications	SPRINGER
DESCHAMPS **WARUSFEL** **MOULIN** **RUAUD** **MIQUEL** **SIFRE**	Mathématiques, cours et exercices corrigés, 1ère année MPSI, PCSI, PTSI	DUNOD
DESCHAMPS **WARUSFEL** **MOULIN** **RUAUD** **MIQUEL** **SIFRE**	Mathématiques, cours et exercices corrigés, 2ème année MP, PC, PSI	DUNOD
DESCOMBES R.	Éléments de théorie des nombres	PUF
DEVANZ C. **ELHODAIBI M.**	Exercices corrigés de Mathématiques posés à l'oral des Ensi, Tome 2	ELLIPSES
DIEUDONNÉ J.	Algèbre linéaire et géométrie élémentaire	HERMANN
DIEUDONNÉ J.	Calcul infinitésimal	HERMANN
DIEUDONNÉ J.	Éléments d'Analyse., Éléments d'Analyse Tome 2.	GAUTHIER-VILLARS

DIEUDONNÉ J.	Éléments d'Analyse., Fondements de l'analyse moderne	Gauthier-Villars
DIEUDONNÉ J.	Sur les groupes classiques	Hermann
DIXMIER J.	Cours de Mathématiques du premier cycle, Deuxième année	Gauthier-Villars
DIXMIER J.	Cours de Mathématiques du premier cycle, Première année	Gauthier-Villars
DOWEK G. **LEVY J.-J.**	Introduction à la théorie des langages de programmation	Editions de l'X
DRAPER N.R. **SMITH H.**	Applied regression analysis	Wiley
DUBERTRET G.	Initiation à la cryptographie	Vuibert
DUBUC S.	Géométrie plane	PUF
DUCROCQ A. **WARUSFEL A.**	Les Mathématiques, plaisir et nécessité, Un parcours guidé dans l'univers des mathématiques	Vuibert
DUGAC P.	Histoire de l'analyse., Autour de la notion de limite et de ses voisinages	Vuibert
DYM H. **Mac KEAN H.P.**	Fourier series and integrals	Academics Press
EBBINGHAUS **HERMES** **HIRZEBRUCH** **KOECHER** **LAMOTKE** **MAINZER** **NEUKIRSCH** **PRESTEL** **REMMERT**	Les Nombres	Vuibert
EIDEN J.D.	Géométrie analytique classique	Calvage et Mounet
EL KACIMI ALAOUI A. **QUEFFÉLEC H.** **SACRÉ C.** **VASSALLO V.**	Quelques aspects des mathématiques actuelles	Ellipses
ENGEL A.	Solutions dexpert, vol. 1	Cassini
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
FARAUT J. **KHALILI E.**	Arithmétique, Cours, Exercices et Travaux Pratiques sur Micro-Ordinateur	Ellipses
FELLER W.	An introduction to Probability theory & its application	Wiley
FERRIER J.P.	Mathématiques pour la licence	Masson
FLORY G.	Topologie, analyse exercices tome 1	Vuibert
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
FRANCHINI J. **JACQUENS J-C.**	Mathématiques Spéciales, Algèbre	Ellipses
FRANCHINI J. **JACQUENS J-C.**	Mathématiques Spéciales, Analyse 1	Ellipses
FRANCHINI J. **JACQUENS J-C.**	Mathématiques Spéciales, Analyse 2	Ellipses
FRANCINOU S. **GIANELLA H.**	Exercices de Mathématiques Algèbre 1	Masson
FRANCINOU S. **GIANELLA H.** **NICOLAS S.**	Exercices de mathématiques, Oraux X-ens Algèbre 1	Cassini
FRENKEL J.	Géométrie pour l'élève-professeur	Hermann
FRESNEL J.	Anneaux	Hermann
FRESNEL J.	Géométrie	IREM de Bordeaux
FRESNEL J.	Géométrie algébrique	UFR Maths Bordeaux
FRESNEL J.	Groupes	Hermann
FRESNEL J.	Méthodes modernes en géométrie	Hermann
FUHRMANN P.	A polynomial approach to linear algebra	Springer
FULTON W.	Algebraic Topology	Springer
GABRIEL P.	Matrices, géométrie, algèbre linéaire	Cassini
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
GARLING D.J.H.	Inequalities	Cambridge
GATHEN J. **GERHARD J.**	Modern Computer algebra	Cambridge

GENET J.	Mesure et intégration. Théorie élémentaire. Cours et exercices résolus	Vuibert
GHIDAGLIA J.M.	Petits problèmes d'analyse	Springer
GOBLOT R.	Algèbre commutative	Masson
GOBLOT R.	Thèmes de géométrie	Masson
GODEMENT R.	Analyse mathématique 1	Springer
GODEMENT R.	Analyse mathématique 2	Springer
GODEMENT R.	Analyse mathématique 3	Springer
GODEMENT R.	Cours d'Algèbre	Hermann
GOLUB G.H. **VAN LOAN C.F.**	Matrix computations	Wiley
GONNORD S. **TOSEL N.**	Thèmes d'Analyse pour l'agrégation, Calcul différentiel	Ellipses
GONNORD S. **TOSEL N.**	Thèmes d'Analyse pour l'agrégation, Topologie et Analyse fonctionnelle	Ellipses
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 1 - Algèbre	PUF
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 2 - Topologie et analyse réelle	PUF
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 3 - Analyse fonctionnelle et calcul différentiel	PUF
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 4 - Géométrie affine et métrique	PUF
GOSTIAUX B.	Cours de mathématiques spéciales, Tome 5 - Géométrie : arcs et nappes	PUF
GOURDON X.	Les maths en tête, mathématiques pour M', Algèbre	Ellipses
GOURDON X.	Les maths en tête, mathématiques pour M', Analyse	Ellipses
GRAHAM **KNUTH**	Concrete mathematics	Addison Wesley
GRAMAIN A.	Géométrie élémentaire	Hermann
GRAMAIN A.	Intégration	Hermann
GRANJON Y.	Informatique, Algorithmes en Pascal et en langage C	Dunod
GRENIER J.-P.	Débuter en Algorithmique avec Matlab et Scilab	Ellipses
GREUB W.	Linear Algebra	Springer
GRIMMET G. **WELSH D.**	Probability (an introduction)	Oxford
GUJARATI D. N.	Basic Econometrics	Wiley
GUSFIELD D.	Algorithms on strings, trees and sequences	Cambridge
HABSIEGER L. **MARTEL V.**	Exercices corrigés posés à l'oral des ENSI Tome 1 Analyse	Ellipses
HALMOS P.	Problèmes de mathématiciens petits et grands	Cassini

HAMMAD P.	Cours de probabilités	Cujas
HAMMAD P. **TARANCO A.**	Exercices de probabilités	Cujas
HAMMER R. **HOCKS M.** **KULISH U.** **RATZ D.**	C++ toolbox for verified computing	Springer
HARDY G.H. **WRIGH E.M.**	An introduction to the theory of numbers	Oxford
HAREL D.	Computer LTD. What they really can't do	Oxford
HAREL D. **FELDMAN Y.**	Algorithmics. The spirit of computing	Addison Wesley
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
HIRSCH F. **LACOMBE G.**	Éléments d'analyse fonctionnelle	Masson
HOCHARD M.	Algèbre, analyse, géométrie	Vuibert
HOPCROFT J.E. **MOTWANI R.** **ULLMAN J. D.**	Introduction to automata theory, Languages and Computation	Addison Wesley
HOUZEL C.	Analyse mathématique : cours et exercices	Belin
IRELAND K. **ROSEN M.**	A Classical Introduction to Modern Numbers Theory	Springer Verlag
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. **GILLES P.**	Séries de Fourier et ondelettes	Cassini
KATZNELSON Y.	An Introduction to Harmonic Analysis	Dover
KERBRAT Y. **BRAEMER J-M.**	Géométrie des courbes et des surfaces	Hermann
KERNIGHAN B. **RITCHIE D.**	Le langage C	Dunod
KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 1 : Fundamental algorithms	Addison-Wesley

KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 2 : Seminumerical algorithms	Addison-Wesley
KNUTH D.E.	The art of computer programming, Volume 3 : Sorting and Searching	Addison-Wesley
KOBLITZ N.	A course in number theory and cryptography	Springer
KOLMOGOROV A. **FOMINE S.**	Éléments de la théorie des fonctions et de l'analyse fonctionnelle	Ellipses
KÖRNER T.W.	Exercises for Fourier analysis	Cambridge
KÖRNER T.W.	Fourier analysis	Cambridge
KREE P.	Introduction aux Mathématiques et à leurs applications fondamentales M.P.2	Dunod
KRIVINE H.	Exercices de Mathématiques pour physiciens	Casssini
KRIVINE J.L.	Théorie axiomatique des ensembles	PUF
KRIVINE J.L.	Théorie des ensembles	Cassini
KUNG J.	Combinatorics	Cambridge
LAAMRI EL HAJ	Mesures, intégration et transformée de Fourier, des fonctions	Dunod
LACOMME P. **PRINS C.** **SEVAUX M.**	Algorithmes de graphes	Eyrolles
LACROIX Y. **MAZLIAK L.**	Probabilités. Variables aléatoires, convergence, conditionnement. Niveau M1	Ellipses
LADEGAILLERIE Y.	Géométrie affine, projective, euclidienne et analagmatique	Ellipses
LAFONTAINE J.	Introduction aux variétés différentielles	PUF
LALEMENT R.	Logique, réduction, résolution	Masson
LANG S.	Algebra	Addison-Wesley
LANG S.	Algèbre linéaire, Tome 1	InterEditions
LANG S.	Algèbre linéaire, Tome 2	InterEditions
LANG S.	Linear Algebra	Addison-Wesley
LAROCHE F.	Escapades arithmétiques	Ellipses
LAVILLE G.	Courbes et surfaces	Ellipses
LAVILLE G.	Géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	Ellipses
LAX P. D.	Functional analysis	Wiley
LAX P. D.	Linear Algebra	Wiley
LE BRIS G.	Maple Sugar : Initiation progressive à Maple	Cassini
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

LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 3 : Intégration et sommation	Masson
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 4 : Analyse en dimension finie	Masson
LEHNING H.	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 5 : Analyse fonctionnelle	Masson
LEHNING H. **JAKUBOWICZ D.**	Mathématiques supérieures et spéciales, Tome 2 : Dérivation	Masson
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 1 - Algèbre 1	Ellipses
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 2 - Algèbre et géométrie	Ellipses
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 3 - Analyse 1	Ellipses
LEICHTNAM E. **SCHAUER X.**	Exercices corrigés de mathématiques posés aux oraux X-ENS, Tome 4 - Analyse 2	Ellipses
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
LELONG-FERRAND J. **ARNAUDIES J.M.**	Cours de Mathématiques, Tome 2 : Analyse	Dunod
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
LESIEUR L. **MEYER Y.** **JOULAIN C.** **LEFEBVRE J.**	Algèbre linéaire, géométrie	Armand Colin
LION G.	Algèbre pour la licence, Cours et exercices (2ème édition)	Vuibert
LION G.	Géométrie du plan, Cours complet avec 600 exercices résolus	Vuibert
LOTHAIRE M.	Algebraic combinatorics on words	Cambridge
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
MALLIAVIN M. P.	Les groupes finis et leurs représentations complexes	Masson

MALLIAVIN M. P. **WARUSFEL A.**	Algèbre linéaire et géométrie classique. Exercices	Masson
MALLIAVIN P.	Géométrie différentielle intrinsèque	Hermann
MANSUY R. **RANDÉ B.**	Les clés pour l'X (2)	Calvage et Mounet
Manuels Matlab	Using Matlab version 5	Matlab
MARCE S. **DEVAL-GUILLY E.**	Problèmes corrigés des ENSI	Ellipses
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
MASCART H. **STOKA M.**	Fonctions d'une variable réelle, Tome 4 : Exercices et corrigés	PUF
MAWHIN J.	Analyse : fondements, technique, évolutions	De Boeck Université
MAZET P.	Algèbre et géométrie pour le CAPES et l'Agrégation	Ellipses
MENEZES A. **VAN OORSCHOT P.** **VANSTON S.**	Handbook of applied cryptography	CRC Press
MERKIN D.	Introduction to the theory of stability	Springer
MÉTIVIER M.	Notions fondamentales de la théorie des probabilités	Dunod
MÉTIVIER M.	Probabilités : dix leçons d'introduction., École Polytechnique	Ellipses
MEUNIER	Agrégation interne de Mathématiques, Exercices d'oral corrigés et commentés, Tome 2	PUF
MEUNIER P.	Algèbre avec applications à lalgorithmique et à la cryptographie	Ellipses
MIGNOTTE M.	Algèbre concrète, cours et exercices	Ellipses
MIGNOTTE M.	Mathématiques pour le calcul formel	PUF
MITCHELL J. C.	Concepts in programming languages	Cambridge
MNEIMNÉ R.	Éléments de géométrie : action de groupes	Cassini
MNEIMNÉ R.	Réduction des endomorphismes	Calvage et Mounet
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
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Algèbre 1 MPSI, PCSI, PTSI	Dunod

MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Algèbre 2 MP, PSI, PC, PT	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 1 MPSI, PCSI, PTSI	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 2 MPSI, PCSI, PTSI	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 3 MP, PSI, PC, PT	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Analyse 4 MP, PSI, PC, PT	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Exercice d'algèbre et géométrie MP	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Exercices d'analyse MP	Dunod
MONIER J.M.	Cours de mathématiques, Exercices d'analyse MPSI	Dunod
MUTAFIAN C.	Le défi algébrique, Tome 1	Vuibert
MUTAFIAN C.	Le défi algébrique, Tome 2	Vuibert
NAGEL E. **NEWMAN J. R.** **GÖDEL K.** **GIRARD J. Y.**	Le théorème de Gödel	Seuil
NAUDIN P. **QUITTE C.**	Algorithmique algébrique avec exercices corrigés	Masson
NEVEU J.	Base mathématique du calcul des probabilités	Masson
NIVEN I.	Irrational numbers	Mathematical Association of America
NORRIS J.R.	Markov chains	Cambridge
O'ROURKE J.	Computational geometry in C	Cambridge
OPREA J.	Differential geometry	Prentice hall
OUVRARD J.Y.	Probabilités 1 (capes, agrégation)	Cassini
OUVRARD J.Y.	Probabilités 2 (maitrise, agrégation)	Cassini
PAGES G. **BOUZITAT C.**	En passant par hasard, les probabilités de tous les jours	Vuibert
PAPADIMITRIOU C.	Computational complexity	Addison Wesley
PAPINI O. **WOLFMANN J.**	Algèbre discrète et codes correcteurs	Springer
PARDOUX E.	Processus de Markov et applications	Dunod
PEDOE D.	Geometry - A comprehensive course	Dover
PERKO L.	Differential equation and dynamical systems	Springer
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	Ellipses
PERRIN D.	Cours d'Algèbre	ENSJF
PERRIN-RIOU B.	Algèbre, arithmétique et MAPLE	Cassini
PETAZZZONI B.	Seize problèmes d'informatique	Springer

PETKOVSEK M. **WILF H.** **ZEILBERGER D.**	A=B	A.K. Peters
PEVZNER P.	Computational molecular biology	MIT Press
PÓLYA G. **SZEGÖ G.**	Problems and Theorems in Analysis, Volume I	Springer Verlag
PÓLYA G. **SZEGÖ G.**	Problems and Theorems in Analysis, Volume II	Springer Verlag
POMMELLET A.	Agrégation de Mathématiques. Cours d'Analyse	Ellipses
PRASOLOV V.	Polynomials	Springer
PRASOLOV V.	Problèmes et théorèmes d'algèbre linéaire	Cassini
PREPARATA F. **SHAMOS M.**	Computational geometry, an introduction	Springer
PRESS W. **FLANNERY B.** **TEUKOLSKI S.** **VETTERLING W.**	Numerical recipes in Pascal	Cambridge
QUEFFELEC H. **ZUILY C.**	Éléments d'analyse	Dunod
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
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 3- Topologie et éléments d'analyse	Masson
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Cours de Mathématiques spéciales, 4- Séries et équations différentielles	Masson
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
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Exercices avec solutions, Analyse 1	Masson
RAMIS E. **DESCHAMPS C.** **ODOUX J.**	Exercices avec solutions, Analyse 2	Masson

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
RAO C.R.	Linear statistical inference and its application	WILEY
REINHARDT F. **SOEDER H.**	Atlas des mathématiques	LIVRE DE POCHE
REMMERT R.	Classical topics in complex function theory	SPRINGER
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
ROBERT C.	Contes et décomptes de la statistique - Une initiation par l'exemple	VUIBERT
ROLLAND R.	Théorie des séries, 2- Séries entières	CÉDIC/NATHAN
ROMBALDI J.E.	Analyse matricielle	EDP SCIENCES
ROMBALDI J.E.	Interpolation, approximation, Analyse pour l'agrégation	VUIBERT
ROMBALDI J.E.	Thèmes pour l'agrégation de mathématiques	EDP SCIENCES
ROUDIER H.	Algèbre linéaire. Cours et exercices	VUIBERT
ROUVIERE F.	Petit guide de calcul différentiel à l'usage de la licence et de l'agrégation	CASSINI
ROUX C.	Initiation à la théorie des graphes	ELLIPSES
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
SAINT RAYMOND J.	Topologie, calcul différentiel et variable complexe	CALVAGE ET MOUNET
SAKAROVITCH Jacques	Eléments de théorie des automates	VUIBERT
SAKS S. **ZYGMUND A.**	Fonctions analytiques	MASSON
SAMUEL P.	Géométrie projective	PUF
SAMUEL P.	Théorie algébrique des nombres	HERMANN
SARMANT M.C. **MERLIER T.** **PILIBOSSIAN Ph.** **YAMMINE S.**	Analyse 1	ELLIPSES

SAUVAGEOT F.	Petits problèmes de géométrie et d'algèbre	Springer
SAUX PICARD P.	Cours de calcul formel - Algorithmes fondamentaux	Ellipses
SAVIOZ J.C.	Algèbre linéaire, cours et exercices	Vuibert
SCHNEIER B.	Applied cryptography	Wiley
SCHWARTZ L.	Analyse, I Topologie générale et analyse fonctionnelle	Hermann
SCHWARTZ L.	Analyse, II Calcul différentiel et équations différentielles	Hermann
SCHWARTZ L.	Cours d'Analyse	Hermann
SEDGEWICK R.	Algorithmes en Java	Pearson Education
SEDGEWICK R.	Algorithmes en langage C	Dunod
SEDGEWICK R.	Algorithms	Addison Wesley
SELBERHERR S. **STIPPEL H.** **STRASSER E.**	Simulation of semi-conductor devices and processes	Springer
SERRE D.	Les matrices, théorie et pratique	Dunod
SERRE J.P.	Cours d'arithmétique	PUF
SERVIEN Cl.	Analyse 3	Ellipses
SERVIEN Cl.	Analyse 4	Ellipses
SHAPIRO H.	Introduction to the theory of numbers	Dover
SIDLER J.C.	Géométrie Projective	Dunod
SIPSER M.	Introduction to the theory of computation	Thomson C.T.
SKANDALIS G.	Topologie et analyse	Dunod
STANLEY R.P.	Enumerative combinatorics Volume I	Waddworth and Brooks
STEWART I.	Galois theory	Chapman and Hall
STROUSTRUP B.	Le langage C++	Pearson Education
SZPIRGLAS A.	Exercices d'algèbre	Cassini
TAUVEL P.	Corps commutatifs et théorie de Galois	Calvage et Mounet
TAUVEL P.	Cours d'algèbre	Dunod
TAUVEL P.	Cours de Géométrie	Dunod
TAUVEL P.	Exercices de mathématiques pour l'agrégation, Algèbre 2	Masson
TAUVEL P.	Mathématiques générales pour l'agrégation	Masson
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres	Institut Elie Cartan
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres	Belin
TENENBAUM G.	Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres T 1	S.M.F.
TENENBAUM G. **MENDÈS-FRANCE M.**	Les nombres premiers	Que sais-je ? PUF

TENENBAUM G. **WU J.**	Exercices corrigés de théorie analytique et probabiliste des nombres T 2	S.M.F.
TISSERON C.	Géométries affine, projective et euclidienne	Hermann
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
TRUFFAULT B.	Exercices de géométrie élémentaires	IREM des Pays de Loire
TURING A **GIRARD J. Y.**	La Machine de Turing	Seuil
VALIRON G.	Cours d'analyse mathématique, I Théorie des fonctions	Masson
VALIRON G.	Cours d'analyse mathématique, II Équations fonctionnelles - Applications	Masson
VAUQUOIS B.	Outils Mathématiques. Probabilités	Hermann
VAUTHIER J. **PRAT J-J.**	Cours d'Analyse Mathématique de l'Agrégation	Masson
VAZIRANI V.	Algorithmes d'approximation	Springer
VINBERG E.B.	A course in algebra	AMS
WAGSCHAL C.	Fonctions holomorphes, Équations différentielles	Hermann
WARIN B.	Lalgorithmique, votre passeport informatique pour la programmation	Ellipses
WARUSFEL A.	Structures algébriques finies	Classiques Hachette
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Analyse	Vuibert
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Arithmétique	Vuibert
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Géométrie	Vuibert
WARUSFEL **ATTALI** **COLLET** **GAUTIER** **NICOLAS**	Mathématiques, Probabilités	Vuibert

WATERMAN M.	Introduction to computational biology	Chapman and Hall
WEST D. B.	Introduction to graph theory	Prentice Hall
WHITTAKER E.T. **WATSON G.N.**	A course of modern analysis	Cambridge
WILF H.	Generatingfunctionology	Academic Press
WILLEM M.	Analyse fonctionnelle élémentaire	Cassini
WILLEM M.	Principes d'analyse fonctionnelle	Cassini
WINSKEL G.	The formal semantics of programming languages	MIT Press
YALE P.B.	Geometry and Symmetry	Dover
YOUNG D.M. **GREGORY R.T.**	A survey of numerical mathematics	Dover
ZÉMOR G.	Cours de cryptographie	Cassini
ZUILY Cl. **QUEFFELEC H.**	Éléments d'analyse pour l'agrégation	Masson