

C O N C O U R S G 2 E

R A P P O R T

sur le

C O N C O U R S G 2 E

Ouvert aux élèves issus des Classes Préparatoires BCPST

SESSION 2020

2 Rue du Doyen Marcel Roubault – BP 10162
54505 VANDOEUVRE-lès-NANCY CEDEX
Tél. : 03 72 74 46 11
g2e-concours@univ-lorraine.fr
www.g2e.ensg.univ-lorraine.fr

SOMMAIRE

RAPPORT GÉNÉRAL

1. Fonctionnement du Concours G2E	2
2. Remarques générales concernant le recrutement 2020 et 2021	2
2.1. Les données du recrutement 2020	3
2.1.1. Places offertes et intégrations dans les écoles	3
2.1.2. Effectifs aux différents stades du recrutement	5
2.2. Résultats	5
2.3. Calendrier du Concours G2E 2021	9
3. Remerciements	9

COMMENTAIRES SUR LES DIFFÉRENTES ÉPREUVES

Épreuve écrite de Mathématiques	10
Épreuve écrite de Physique	14
Épreuve écrite de Chimie	16
Épreuve écrite de Biologie	19
Épreuve écrite de Géologie	23
Épreuve de Composition Française	34

CONCOURS GÉOLOGIE, EAU et ENVIRONNEMENT

1. FONCTIONNEMENT DU CONCOURS G2E

G2E offre 227 places dans des Écoles d'Ingénieurs recrutant des élèves des classes préparatoires BCPST.

Le concours G2E permet le recrutement pour l'ENSG, Polytech (Annecy-Chambéry, Nice, Orléans, Paris-Sorbonne, Tours) l'ENGEES, l'ENTPE, l'ENSIL, l'EOST, l'ENSI Poitiers, l'ENSEGID Bordeaux, l'ENSG Géomatique, l'ESGT et Écoles des Mines (Albi, Alès et Douai).

2. REMARQUES GÉNÉRALES CONCERNANT LE RECRUTEMENT 2020 et LE FUTUR RECRUTEMENT 2021

Les candidats sont généralement bien préparés au concours et nous en remercions leurs professeurs. Nous conseillons à tous les candidats à une admission dans les Écoles d'Ingénieurs de G2E de lire les rapports détaillés rédigés par les correcteurs et examinateurs. Les épreuves écrites et orales peuvent porter sur les deux années de Classes Préparatoires, sans avoir oublié les concepts de base acquis au Lycée. Les connaissances scientifiques élémentaires utiles à la formation d'Ingénieur sont toujours testées et il est très apprécié qu'elles soient acquises. On exige qu'un futur ingénieur ait le sens du concret, soit précis et rigoureux, sache rédiger, se présenter, communiquer et gérer son temps.

En raison des conditions sanitaires due à la covid 19, les épreuves écrites ont été décalées en juillet et se sont déroulées sans incident, grâce à la compétence des responsables des centres d'écrit. Les épreuves orales ont été annulées.

Comme les années précédentes, les corrections des épreuves écrites étaient dématérialisées. Afin d'assurer un bon déroulement de ces corrections, il est impératif que les candidats respectent les consignes qui leurs sont communiquées quant à la présentation des copies, dans la notice d'inscription et rappelées en début d'épreuves dans les centres de concours.

Les remarques des correcteurs ont été très positives.

Les candidats avaient le choix entre la chimie et l'informatique à l'oral, choix qu'ils devaient impérativement faire lors de leur inscription au concours G2E.

	CHIMIE	INFORMATIQUE
Choix lors des inscriptions (sur 1626 inscrits)	939	687
Candidats ayant terminé les épreuves orales	Annulation des épreuves orales	Annulation des épreuves orales

L'épreuve d'Informatique se déroule en 2 parties sur une durée totale de 25 minutes, précédée d'une période de 25 minutes de préparation.

- La première partie de 15 minutes consiste soit en une interrogation sur un projet présenté par le candidat et préparé tout au long de son année en classe préparatoire, soit en un exercice non préparé proposé par l'examineur. Les candidats doivent donc lors de leur inscription à l'oral au lycée Stanislas, préciser la modalité selon laquelle ils souhaitent être interrogés. Les candidats souhaitant présenter

leur projet doivent déposer celui-ci au secrétariat du concours lors de leur inscription orale, sous format papier, comme pour l'épreuve de TIPE.

- La deuxième partie de 10 minutes consiste en un exercice proposé par l'examineur et que le candidat prépare pendant la période de 25 minutes préalable à l'interrogation.

Le langage Python est imposé aux candidats.

Une harmonisation est faite entre la chimie et l'informatique pour ne pas défavoriser les candidats d'une matière par rapport à l'autre.

L'anglais est obligatoire en LV1. Le choix de la LV2 entre l'Allemand et l'Espagnol est laissé aux candidats. Les chiffres entre parenthèses dans le tableau ci-dessous sont ceux de 2019.

Choix lors des inscriptions (2019)	Allemand	Espagnol	Aucune	Total
LV2	152 (178)	268 (317)	1206 (1167)	1626 (1662)
Candidats classés admissibles ayant choisi une LV2	Allemand	Espagnol	Aucune	Total
LV2	126 (72)	200 (115)	883 (426)	1209 (613)

Pour la session 2020, les épreuves d'informatique, LV1 et LV2, au même titre que les autres épreuves orales, ont été annulées.

Les épreuves écrites de G2E 2021 se dérouleront les 10, 11 et 12 Mai dans 31 centres de concours. Les épreuves orales se dérouleront du 25 juin au 5 juillet 2021 (sous réserve de modification) au Lycée Stanislas rue du Montparnasse où l'accueil réservé aux candidats, aux interrogateurs et au Concours G2E est toujours excellent.

Nous rappelons aux futurs candidats qu'il est interdit de se détendre ou déjeuner sur les pelouses du lycée et qu'un comportement exemplaire et courtois est de rigueur. Des bancs sont installés dans la cour. Les accès dans les différentes enceintes du lycée ne doivent pas être encombrés. Seuls les bâtiments et étages qui sont alloués à G2E sont accessibles.

Une tenue vestimentaire correcte et adaptée à un concours est exigée dans l'enceinte du lycée Stanislas.

2.1. Les données du recrutement 2020

2.1.1. Places offertes et intégrations dans les écoles

Nombre de places offertes par G2E en 2020	227
Nombre d'intégrés en 2020	197

G2E	Année	Nombre de places offertes	Nombre d'intégrés	Rang du premier intégré	Rang du dernier intégré
ENGEES Fonctionnaire	2016	6	6	73	189
	2017	8	8	54	504
	2018	6	6	26	339
	2019	6	6	50	195
	2020	6	6	255	714
ENGEES Civil	2016	18	20	80	374
	2017	16	16	46	441
	2018	18	17	38	485
	2019	18	20	75	453
	2020	18	20	128	829
ENGEES Apprenti	2016	5	4	220	460
	2017	5	4	35	538
	2018	5	4	493	549
	2019	5	6	417	523
	2020	5	2	165	1061
ENSEGID	2016	18	17	116	425
	2017	17	18	45	427
	2018	17	16	32	413
	2019	17	18	248	448
	2020	18	14	356	835
ENSG	2016	64	62	6	337
	2017	64	56	10	384
	2018	64	56	7	396
	2019	64	50	1	418
	2020	64	61	38	808
ENSGéomatique civil	2016	3	5	26	296
	2017	3	5	207	507
	2018	3	3	410	492
	2019	3	6	82	541
	2020	6	7	931	1099
ENSGéomatique Fonct.	2016	2	2	83	102
	2017	2	2	216	526
	2018	2	2	39	47
	2019	2	3	131	483
	2020	3	4	742	1064
ENSIL	2016	6	4	202	509
	2017	6	2	511	522
	2018	6	6	537	575
	2019	6	5	514	564
	2020	6	4	867	969
ENSIP	2016	15	9	457	533
	2017	15	9	442	556
	2018	15	4	447	562
	2019	15	5	450	586
	2020	15	5	490	1000
ENTPE Fonctionnaire	2016	19	19	25	209
	2017	19	19	10	117
	2018	20	20	17	187
	2019	19	20	17	197
	2020	15	15	50	428
ENTPE Civil	2016	26	22	93	493
	2017	26	26	119	457
	2018	25	25	15	444
	2019	26	26	77	476
	2020	25	24	175	1067
EOST	2016	8	10	172	426
	2017	9	6	199	472
	2018	9	8	30	451
	2019	9	8	89	428
	2020	9	10	301	929
ESGT	2017	5	2	488	511
	2018	5	2	521	572
	2019	5	4	488	561
	2020	10	2	1004	1028
	IMT Mines Albi	2016	5	5	38
2017		5	8	31	361
2018		5	6	257	341
2019		5	7	106	407
2020		5	3	537	582
IMT Mines Alès	2016	3	2	181	259
	2017	3	2	170	276
	2018	3	3	49	191
	2019	3	3	228	366
	2020	3	3	220	428
IMT Lille Douai	2016	3	2	204	334
	2017	3	0	-	-
	2018	3	3	72	344
	2019	3	4	201	313
	2020	3	5	48	496
Polytech'Annecy-Chambéry	2016	5	3	161	511
	2017	3	2	562	565
	2018	3	3	159	532
	2019	3	2	529	582
	2020	3	1	896	896
Polytech'Nice	2016	3	0	-	-
	2017	3	1	578	578
	2018	1	0	-	-
	2019	1	1	521	521
	2020	1	1	646	646
Polytech'Orléans	2016	4	0	-	-
	2017	4	1	538	538
	2018	2	1	549	549
	2019	2	0	-	-
	2020	2	2	922	937
Polytech'Sorbonne	2016	7	1	392	392
	2017	7	2	524	529
	2018	7	2	457	524
	2019	7	0	-	-
	2020	4	3	764	962
Polytech'Tours	2016	8	7	428	521
	2017	8	5	407	517
	2018	6	7	493	550
	2019	6	5	273	500
	2020	6	6	521	702

2.1.2. Effectif aux différents stades du recrutement G2E

	Inscrits	Candidats ayant terminé l'écrit	Candidats admis à l'oral	Candidats inscrits à l'oral	Candidats ayant terminé l'oral	Candidats classés ENGEEES	Candidats classés ENSEGID	Candidats classés ENSG Nancy	Candidats classés ENSG Géomatique	Candidats classés ENSIL	Candidats classés ENSIP	Candidats classés ENTPE Civil	Candidats classés ENTPE Fonct.	Candidats classés EOST	Candidats classés ESGT	Candidats classés Polytech*	Candidats classés IMT**
2016	1532	1486	1024	602	575	529	478	377	526	529	543	495	308	455		524	407
2017	1685	1649	1170	664	623	544	544	387	566	581	581	562	275	572	572	581	430
2018	1729	1690	1205	638	607	556	513	409	577	579	571	443	312	496	581	575	443
2019	1662	1621	1204	642	613	567	514	418	580	576	587	500	291	497	605	585	450
2020	1626	1506	1209	Épreuves orales annulées - Covid 19		1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209

* Polytech Annecy-Chambéry, Nice, Orléans, Paris Sorbonne et Tours

**IMT d'Albi, Alès et Douai

En 2020, le nombre d'inscrits a diminué par rapport à 2019. Un nombre significatif de candidats n'a pas composé les épreuves écrites, vraisemblablement en raison de la crise sanitaire.

Le nombre d'élèves admis est fixé chaque année pour chaque école. Le nombre de fonctionnaires est fixé chaque année par arrêté ministériel. Dès parution des arrêtés, les chiffres seront indiqués sur le site web de G2E.

2.2. Résultats

ÉPREUVES ÉCRITES : Moyenne (minimum : maximum) Écart type

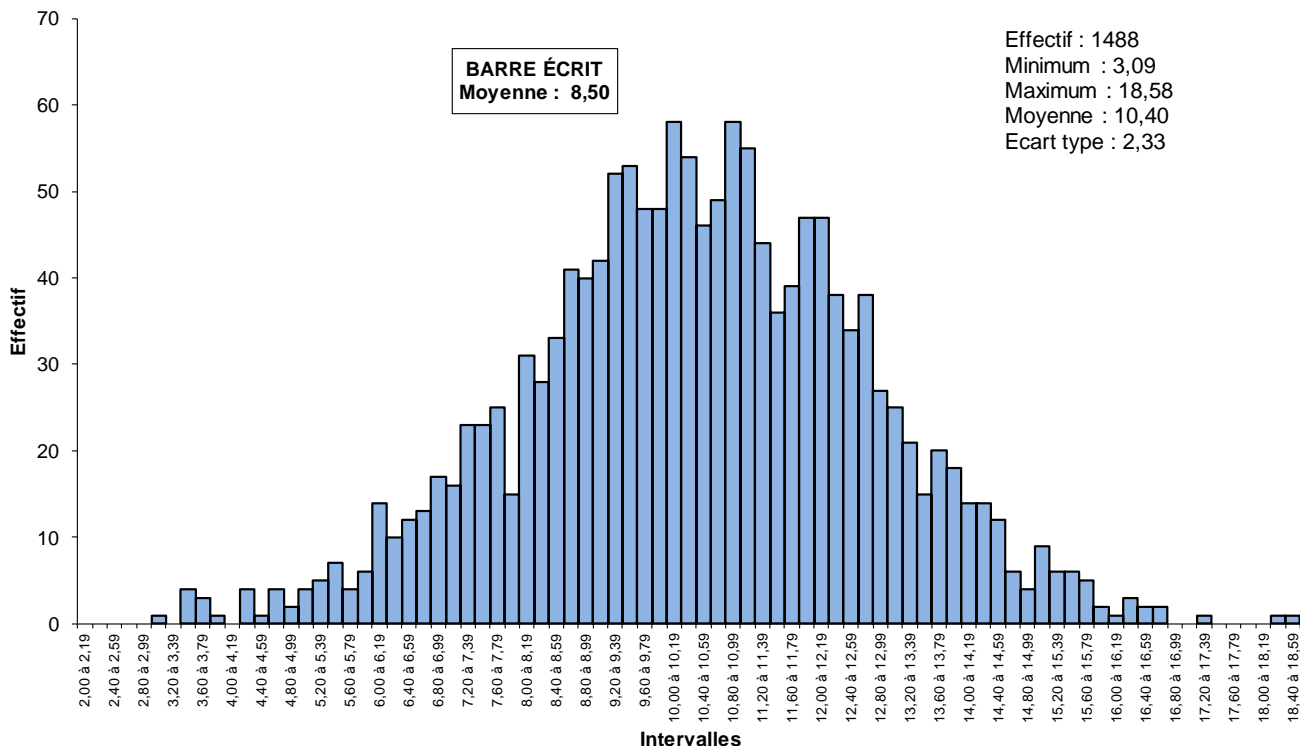
	Maths	Physique	Chimie	Biologie	Géologie	Compo. F
2016	10,04 (0,25 : 20) 4,28	10,37 (0,20 : 20) 3,74	10,35 (0 : 20) 3,72	11,04 (3,08 : 20) 2,86	10,15 (1,18 : 20) 2,93	10,18 (0 : 19,06) 3,19
2017	10,16 (1,69 : 20) 2,59	10,38 (0,31 : 20) 3,92	10,92 (0,23 : 20) 4,01	10,82 (3,24 : 20) 2,43	10,75 (0,19 : 20) 3,19	10,33 (0 : 20) 3,05
2018	10,42 (0,57 : 20) 2,87	10,30 (3,88 : 20) 3,88	10,32 (0,76 : 20) 3,40	10,45 (2,56 : 17,26) 2,41	10,34 (0,37 : 20) 3,08	10,14 (0,93 : 20) 3,38
2019	10,37 (0,13 : 20) 3,18	10,37 (0,13 : 20) 2,80	10,15 (2 : 16,94) 2,50	10,41 (1,16 : 18,51) 2,60	10,45 (0 : 20) 3,19	10,09 (0,4 : 20) 3,17
2020	10,06 (0,34 : 20) 3,27	10,31 (0,64 : 20) 3,33	10,67 (1,01 : 20) 3,39	10,65 (2,13 : 20) 2,85	10,16 (0,9 : 20) 2,82	10,56 (0,47 : 20) 3,25

ÉPREUVES ORALES : Moyenne (minimum : maximum) Écart type

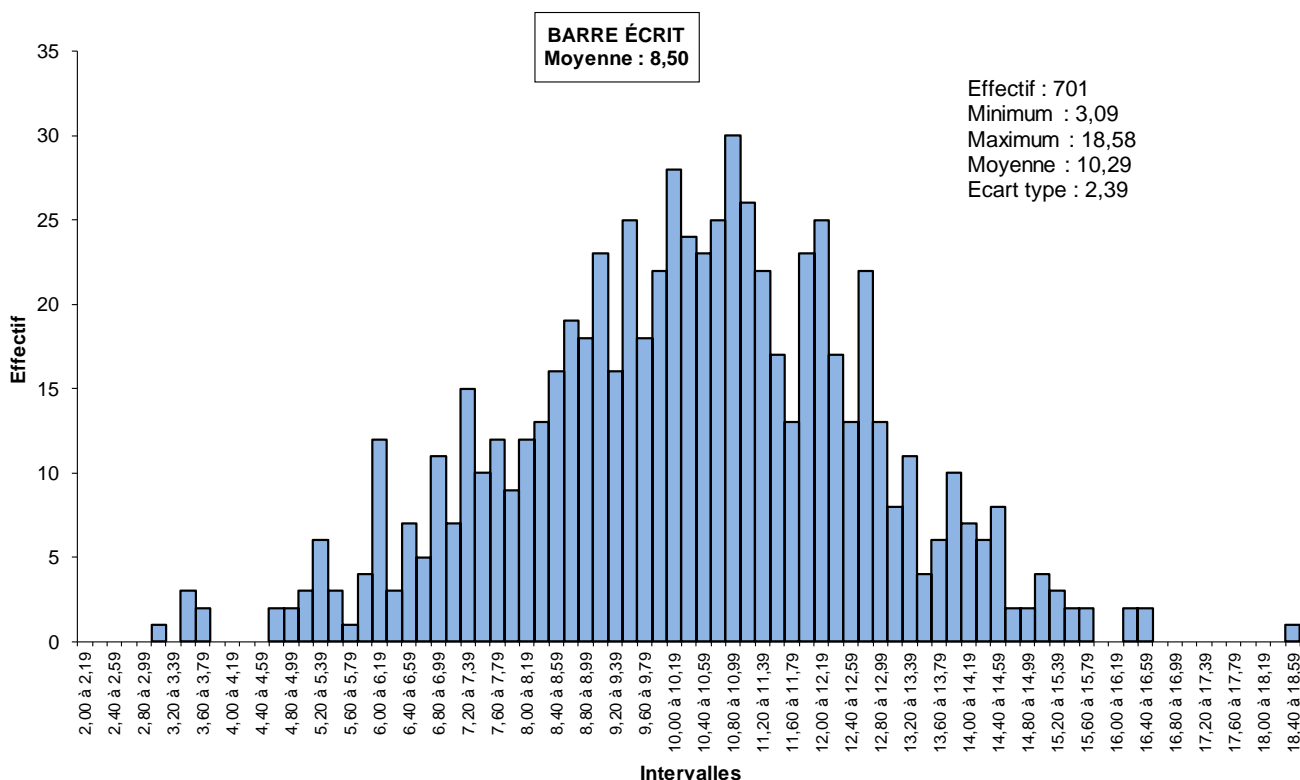
	Maths	Physique	Chimie	Informatique	Géologie	TIPE	Anglais	Allemand	Espagnol
2016	10,88 (2,58 : 20) 3,73	11,06 (2,37 : 19,30) 3,73	14,09 (4,96 : 20) 3,53	14,47 (9,05 : 18,84) 1,96	10,85 (2,48 : 19,17) 3,44	12,20 (3,85 : 18,80) 2,73	11,94 (2,15 : 20) 3,56	13,69 (4,17 : 20) 3,43	13,44 (6,53 : 18,04) 2,75
2017	10,40 (0,75 : 20) 3,74	11,41 (2,35 : 20) 3,74	14,13 (4,61 : 20) 3,55	14,21 (8,99 : 18,99) 2,08	10,84 (2,51 : 19,07) 3,60	12,44 (5,16 : 18,80) 2,69	11,95 (2,13 : 20) 3,47	14,12 (6,78 : 20) 3,10	13,04 (6,59 : 20) 2,79
2018	10,88 (1,94 : 20) 3,33	11,30 (2,54 : 20) 3,69	13,89 (5,52 : 20) 3,66	13,88 (8,32 : 18,78) 2,21	11,04 (2,32 : 20) 3,64	12,24 (3 : 19) 2,85	11,50 (1,02 : 19,5) 3,54	13,59 (4,75 : 20) 3,30	13,87 (5,24 : 20) 3,21
2019	11,10 (2,18 : 20) 3,59	11,40 (7 : 20) 3,76	12,24 (4,45 : 20) 3,70	12,24 (6,24 : 17,82) 2,08	11,74 (2,07 : 20) 3,62	12,30 (5 : 20) 2,71	11,47 (1,68 : 20) 3,82	13,40 (5,25 : 20) 3,55	12,80 (5,57 : 19,05) 2,87
2020	Épreuves orales annulées en raison de la crise sanitaire								

Les graphiques suivants présentent la distribution des moyennes des écrits de G2E et de l'ENTPE ainsi que les moyennes générales des différentes écoles de G2E.

DISTRIBUTION DES MOYENNES "ÉCRIT G2E 2020"



DISTRIBUTION DES MOYENNES "ÉCRIT ENTPE 2020"



Répartition des candidats par lycées session 2020

Le tableau de répartition des candidats par lycée met en évidence les lycées qui présentent beaucoup de candidats préparés à G2E, la régionalisation du recrutement, etc...

Villes	Etablissements	Inscrits G2E	Inscrits ENTPE Fonc.	Admissibles G2E	Admissibles ENTPE Fonc.	Admissibles G2E et ENTPE	classés après l'oral G2E et ENTPE Fonc.	Intégrés										
								ENGEES	ENSEGID	ENSG Nancy	ENS Géomat,	ENSIL	ENSIP	EOST	ESGT	ENTPE Civil	ENTPE Fonc.	
AMIENS	Louis THULLIER	46	24	30	17	31					1						2	
AMILLY	DU CHESNOY	26	8	19	3	19												
ANGERS	A. DU FRESNE	13	7	13	7	13	2							1			1	
ARRAS	ROBESPIERRE	28	6	10	1	10	1											
AUZEVILLE TOLO.	LEGTAH																	
BESANCON	Victor HUGO	32	16	24	11	24	1			1				1				
BORDEAUX	MICHEL-MONTAIGNE	40	24	34	22	34	2	2	2							2	1	
BOULOGNE BILLA.	J. PREVERT	16	5	14	5	14	1		2								2	
CAEN	MALHERBE	69	25	65	24	66	1	1	2				1	2		1		
CLERMONT FD	B. PASCAL	18	12	13	10	13			2								1	
DIJON	CARNOT	9	3	6	2	6			1									
DOUAI	A. CHATELET	27	15	13	8	13	1		2	1							1	
DUCOS	L.P. CENTRE SUD	3	2	2	1	2			1									
FONTENAIBLEAU	FRANCOIS 1ER	3	1	3	1	3												
GRENOBLE	CHAMPOLLION	31	12	30	12	32				1				1				
LA MULATIERE	ASSOMP. BELLEVUE	32	21	25	15	25	1	1										
LE RAINCY	A. SCHWEITZER	20	8	14	5	14			2				1					
LE TAMPON	R. GARROS	26	22	11	10	11	1			1								
LEMPDES	L. PASTEUR	22	6	22	6	22											1	
LILLE	FAIDHERBE	51	25	36	20	36			2									1
LIMOGES	LIMOSIN	29	10	26	9	26			2	2		1	1	1				
LYON	LAMARTINIERE MON.	11	8	10	7	10	1			1								
LYON 6e	DU PARC	28	9	25	7	25				1								
MARSEILLE	THIERS	51	26	41	23	41			4	1				1		1	1	
METZ	G. DE LA TOUR	18	9	6	2	6				1								
MONTPELLIER	JOFFRE	9	2	6	2	6			2									
NANCY	POINCARÉ	74	27	66	24	66	2	1	5	1	1	1						
NANTES	Externat-Chavagnes	30	13	11	5	11												1
NANTES	CLEMENCEAU	22	14	20	14	20	1	1				1				2	1	
NICE	MASSENA	14	16	12	8	15												1
NIMES	E. D'ALZON	47	27	32	17	32	1										3	
ORLEANS	POTHIER	15	9	10	7	11				1								
PARIS	SAINT LOUIS	44	22	41	20	41				2				1				1
PARIS	JANSON DE SAILLY	30	15	26	12	26				4								
PARIS 13e	G. St HILAIRE																	
PARIS 13e	E.N.C.P.B.	20	17	16	14	16			1									
PARIS 16e	J.B. SAY	26	11	18	5	18												
PARIS 6e	FENELON	38	16	25	9	25	2		2	1								
PARIS 8e	CHAPTAL	37	10	28	7	28				1	1						1	
PARIS 5e	HENRI IV	34	24	27	19	27	1											
PAU	L. BARTHO	20	13	9	6	9				1			1			2	1	
POINTE A PITRE	BAIMBRIDGE	17	16	5	5	5												
POITIERS	C. GUERIN	72	41	39	21	39			1	3	1	1					2	
REIMS	G. CLEMENCEAU	29	5	24	3	24	1			1								
RENNES	CHATEAUBRIAND	28	12	24	10	24				6							3	
ROUEN	CORNEILLE	33	22	32	20	35	3	1						1				1
ST AMAND LES EAUX	N.D. DES ANGES	18	6	7	2	7												
SAINT ETIENNE	CLAUDE FAURIEL	44	21	28	12	28				3								2
SAINT MAUR	BERTHELOT	52	23	33	14	34				2	1			1				3
SCEAUX	LAKANAL	83	31	69	29	69	4			1								1
STRASBOURG	J. ROSTAND	5	2	4	1	4	1			1								
TOULOUSE	OZENNE	13	3	9	2	9												
TOULOUSE	P. DE FERMAT	11	5	11	5	11				2								
TOURS	DESCARTES	7	3	6	3	6												1
VERSAILLES	HOCHÉ	30	13	30	13	30				2								
VERSAILLES	SAINTE-GENEVIEVE	39	12	35	11	36												
CANDIDATS LIBRE		2	1	1	1	1												
TOTAL		1592	756	1196	549	1209	0	28	14	61	11	4	5	10	2	24	15	

EPREUVES ORALES ANNULEES - COVID 19

Villes	Etablissements	Intégrés							
		IMT Albi	IMT Alès	IMT Lille Douai	Polytech' Anney Chambéry	Polytech' Nice	Polytech' Orléans	Polytech' Sorbonne	Polytech' Tours
AMIENS	Louis THULLIER		1						
AMILLY	DU CHESNOY				1				
ANGERS	A. DU FRESNE								
ARRAS	ROBESPIERRE								
AUZEVILLE TOLO.	LEGTAH								
BESANCON	Victor HUGO								
BORDEAUX	MICHEL-MONTAIGNE								
BOULOGNE BILLA.	J. PREVERT								
CAEN	MALHERBE		1						1
CLERMONT FD	B. PASCAL								
DIJON	CARNOT								
DOUAI	A. CHATELET								
DUCOS	L.P. CENTRE SUD								
FONTENAIBLEAU	FRANCOIS 1ER								
GRENOBLE	CHAMPOLLION								
LA MULATIERE	ASSOMP. BELLEVUE	1		1					
LE RAINCY	A. SCHWEITZER								
LE TAMPON	R. GARROS						1		
LEMPDES	L. PASTEUR		1						
LILLE	FAIDHERBE			1				1	1
LIMOGES	LIMOSIN								1
LYON	LAMARTINIERE MON.								
LYON	DU PARC								
MARSEILLE	THIERS								
METZ	G. DE LA TOUR								
MONTPELLIER	JOFFRE								
NANCY	POINCARÉ								1
NANTES	Externat-Chavagnes								
NANTES	CLEMENCEAU								
NICE	MASSENA								
NIMES	E. D'ALZON	1							
ORLEANS	POTHIER	1							
PARIS 6e	SAINT LOUIS							1	
PARIS 16e	JANSON DE SAILLY								
PARIS 13e	G. St HILAIRE								
PARIS 13e	E.N.C.P.B.								1
PARIS 16e	J.B. SAY								
PARIS 6e	FENELON			1					
PARIS 8e	CHAPTAL								
PARIS 5e	HENRI IV			1				1	
PAU	L. BARTHO								
POINTE A PITRE	BAIMBRIDGE								
POITIERS	C. GUERIN					1	1		1
REIMS	G. CLEMENCEAU								
RENNES	CHATEAUBRIAND								
ROUEN	CORNEILLE								
ST AMAND LES EA	N.D. DES ANGES								
SAINT ETIENNE	CLAUDE FAURIEL								
SAINT MAUR	BERTHELOT								
SCEAUX	LAKANAL								
STRASBOURG	J. ROSTAND								
TOULOUSE	OZENNE								
TOULOUSE	P. DE FERMAT								
TOURS	DESCARTES								
VERSAILLES	HOCHÉ			1					
VERSAILLES	SAINTE-GENEVIEVE								
CANDIDATS LIBRE									
TOTAL		3	3	5	1	1	2	3	6

2.3. Calendrier du Concours G2E 2021

Inscriptions sur internet (www.scei-concours.fr) du 10 Décembre 2020 au 12 Janvier 2021 17h.

ÉPREUVES ÉCRITES : Lundi 10, Mardi 11 et Mercredi 12 Mai 2021

Inscriptions des candidats à l'oral : 22, 23 et 24 juin 2021

ÉPREUVES ORALES : du vendredi 25 juin au lundi 5 juillet 2021

Liste des épreuves écrites :

Mathématiques	4h	Chimie	3h
Biologie	3h	Composition française	3h30
Physique	3h30	Géologie	3h

Liste des épreuves orales :

Mathématiques	TIPE et entretien
Physique	Langue vivante 1 Anglais (obligatoire)
Chimie/Informatique**	Langue vivante 2 Allemand ou Espagnol (facultative)*
Géologie pratique	

* L'épreuve de langue vivante 2 est facultative ; elle donnera lieu à des points de bonification : points au-dessus de 10 affectés du coefficient figurant au tableau de la notice d'inscription (l'épreuve étant notée sur 20).

** Épreuve obligatoire au choix

3. REMERCIEMENTS

Le niveau de recrutement est très bon dans l'ensemble et ce sont les élèves des classes préparatoires et leurs professeurs qu'il faut remercier et féliciter, plus particulièrement en cette session 2020 très particulière du fait de la crise sanitaire.

Les proviseurs qui ont accepté d'accueillir les candidats aux épreuves écrites de G2E, en assurant le strict respect des consignes sanitaires, pendant cette crise de la Covid19 sont remerciés tout particulièrement, ainsi que les services des concours des rectorats et les surveillants.

Les concepteurs des sujets d'épreuves écrites, les correcteurs sont remerciés pour leur travail efficace, leur disponibilité et leur compétence.

Les candidats et leurs professeurs, ainsi que les examinateurs aux épreuves orales, sont remerciés de leur compréhension des difficultés d'organisation des épreuves écrites et de l'impossibilité d'organiser les épreuves orales lors de la session 2020, du fait de la crise sanitaire.

Les critiques constructives sont toujours appréciées et nous restons à l'écoute de tous nos partenaires. La collaboration avec tous les professeurs des classes préparatoires doit être maintenue au bénéfice de l'ensemble des candidats auxquels nous souhaitons une bonne préparation aux épreuves de la session 2021.



Richard GIOT
Directeur adjoint du Concours G2E

ÉPREUVE ÉCRITE DE MATHÉMATIQUES

Le sujet, relativement long, était constitué de deux problèmes totalement indépendants.

Le premier problème abordait l'étude des probabilités discrètes et en particulier de variables aléatoires réelles en lien avec les lois géométrique et binomiale. Ce problème s'achevait par l'utilisation du théorème de la limite centrale. Le second problème était consacré à quelques aspects des modèles proie-prédateurs. Après avoir démontré des résultats préliminaires d'analyse et d'algèbre, on s'attelait aux équations de prédation de Lotka-Volterra. La dernière partie, purement algébrique, proposait l'étude d'un modèle discret.

De nombreux résultats intermédiaires étaient donnés dans l'énoncé, ce qui a permis à certains candidats d'admettre la question et de pouvoir avancer dans le sujet. Mais cela impliquait alors qu'une réponse justifiée était attendue et qu'il ne s'agissait pas de paraphraser l'énoncé. De telles tentatives étaient systématiquement sanctionnées. À l'inverse, le sujet contenait également des questions plus ouvertes ou plus calculatoires : dès lors, tout début de réponse cohérent était valorisé. Finalement, la variété des thèmes abordés et la progressivité des différentes questions ont permis aux candidats faibles d'engranger quelques points alors que certains candidats particulièrement brillants sont parvenus à aborder la quasi totalité du sujet.

Si la présentation des copies nous a semblé globalement satisfaisante, les résultats importants étant en général bien mis en valeur, nous rappelons cependant que les candidats qui n'ont pas suffisamment soigné leur copie se sont vus retirer un nombre significatif de points.

PROBLÈME 1

Ce problème était consacré à l'étude d'une suite $(X_1^{(i)})_{i \in [1, n]}$ de variables aléatoires réelles mutuellement indépendantes suivant toutes la même loi et dont on cherchait à démontrer une propriété relative à leur somme. Ce problème a posé de grandes difficultés aux candidats (en particulier la partie B).

Partie A

Cette partie présentait deux variables aléatoires X_1 et X_2 dont on établissait les lois. Elle a été en général assez bien traitée mais nous conseillons vivement aux futurs candidats de bien réfléchir à la notion de probabilité conditionnelle. Par ailleurs nous rappelons que l'utilisation de la formule des probabilités totales doit toujours être signalée et justifiée à l'aide d'un système complet (ou quasi-complet) d'événements.

1. Trop peu de candidats ont justifié leur résultat par l'indépendance citée en hypothèse. Ensuite, pour conclure que $1 + X_1$ suivait une loi géométrique, il fallait impérativement commencer par vérifier que l'univers image est bien \mathbb{N}^* . Bien entendu, il ne fallait pas confondre la loi géométrique avec la loi notée \mathcal{G}^{-1} dans l'énoncé.
2. Certains candidats ont confondu conditionnement et intersection. Il fallait s'interroger sur la signification de la probabilité conditionnelle cherchée. Rappelons enfin que $(X_2 = k | X_1 = j)$ n'est pas un événement de Ω et insistons sur la bonne rédaction de la formule des probabilités totales (il fallait ici citer le système quasi-complet d'événements associé à la variable aléatoire réelle X_1).

Partie B

Cette partie et la suivante ont été les moins bien comprises du sujet. Si le début de la partie B a été en général traité correctement, la fin fut souvent catastrophique. Aussi nous invitons les candidats à mieux connaître les propriétés de l'indépendance mutuelle et à étudier les démonstrations des propriétés de stabilité qui en découlent (par exemple pour la loi binomiale).

1. La première partie de la question n'a guère posé de problème; beaucoup de candidats ont d'ailleurs inutilement redémontré la formule de Pascal. La fin de la question nécessitait à nouveau la formule des probabilités totales et le système quasi-complet d'événements associé à X_n .
2. L'indépendance demandée a souvent été très mal justifiée, certains ont essayé de la prouver par le calcul. Il s'agissait en fait d'une conséquence de la mutuelle indépendance des $(X_1^{(i)})_{i \in \llbracket 1, n \rrbracket}$ et nous avons été extrêmement surpris de constater que peu de candidats ont cité ce résultat (souvent connu sous le nom de «lemme des coalitions», mais le mot «coalitions» n'était pas attendu de la part des candidats) ou l'ont énoncé d'une façon similaire à ce qui apparaît explicitement dans le programme de première ou de deuxième année BCPST. L'hérédité n'a en général pas été abordée, et parfois lorsqu'elle l'était, il y avait manifestement une confusion entre la loi binomiale et la loi \mathcal{B}^{-1} . Enfin, la dernière question relative à $X_n + X_m$ n'a pas soulevé de difficulté.

Partie C

Cette dernière partie abordait le théorème de la limite centrale. Nous avons constaté une très grande disparité dans la réussite de cette question. Encore une fois, signalons qu'un candidat qui a consciencieusement récité précisément les hypothèses de ce théorème et qui a vérifié qu'elles s'appliquaient dans le problème, a pu gagné quelques précieux points. Ainsi nous conseillons aux candidats de bien connaître les hypothèses de tous les théorèmes au programme en BCPST.

1. Cette question a souvent été abordée avec peu de rigueur dans l'argumentation. Précisons que l'égalité $P(A) = P(B)$ n'implique pas que $A = B$.
2. Le calcul de l'espérance et de la variance de X_n ne présentait pas de difficulté. Il fallait cependant utiliser judicieusement les questions 1.(b) des parties A et B et, encore une fois, un argument de mutuelle indépendance. Nous avons été étonnés de constater le taux d'échec élevé à cette question. La fin de la question a été très discriminante : régulièrement excellentement traitée mais trop souvent de façon approximative, de nombreux candidats oubliant même que le théorème de la limite centrale concerne une suite de variables aléatoires réelles.

PROBLÈME 2

Ce problème, souvent mieux compris que le premier, était essentiellement consacré à l'étude de modèle proie-prédateurs. Une première partie abordait deux questions préliminaires. La seconde question préliminaire comportait une erreur d'énoncé. Il nous est heureusement apparu qu'aucun candidat n'a été gêné par cette erreur, nous tenons cependant à présenter nos excuses aux candidats et à leurs enseignants. Le premier modèle étudié (partie B) était le modèle dit de Lotka-Volterra. Dans la partie C, on se consacrait à un modèle discret qui reposait, entre autres, sur la diagonalisation d'une matrice.

Partie A

Nous avons pu apprécier dans cette partie, en général fort bien comprise, la bonne maîtrise des candidats concernant l'analyse de première année et, dans une moindre mesure, la diagonalisation de matrices.

1. Cette première question a soulevé peu de difficultés. Signalons toutefois qu'il fallait justifier la dérivabilité d'une fonction avant de la dériver. De plus, quelques candidats ont interprété $x \in \mathbb{R}_+^*$ par $x \geq 1$, d'autres ont, semble-t-il, oublié que \ln n'est pas définie sur \mathbb{R} . Il était crucial de justifier que l'on pouvait utiliser (a) car les quantités manipulées étaient toutes strictement positives.
2. L'ensemble \mathcal{E} présenté n'était pas un sous-espace vectoriel de $\mathcal{M}_2(\mathbb{C})$ mais de $\mathcal{M}_2(\mathbb{R})$. Insistons sur le fait que nous n'avons pas observé de copie où le candidat était manifestement embarrassé par cette erreur, il nous a au contraire semblé qu'elle était passée inaperçue pour l'immense majorité d'entre eux, d'ailleurs seuls deux candidats l'ont signalé explicitement dans leur copie. Nous n'avons évidemment pas sanctionné une erreur sur le corps des scalaires utilisé par les candidats. Il était aussi possible de faire apparaître \mathcal{E} comme un sous-espace engendré par une partie, ce qui était à la fois efficace et utile pour la suite. De nombreux candidats ont obtenu sans difficulté une base de \mathcal{E} mais trop peu ont justifié soigneusement la liberté de cette base (rappelons que ce n'est pas parce que des vecteurs sont non colinéaires qu'ils forment une famille libre).

3. Les justifications de diagonalisabilité ont parfois été approximatives. On a lu de nombreuses confusions entre diagonalisabilité et existence de valeurs propres, voire entre l'inversibilité de A et l'inversibilité de $A - \lambda I_2$. Signalons enfin qu'il existe des matrices de $\mathcal{M}_2(\mathbb{C})$ diagonalisables mais n'ayant pas deux valeurs propres!

Partie B

Ici encore de nombreux candidats ont montré une bonne maîtrise des notions d'analyse abordées.

1. La majorité des candidats ont cherché à résoudre le système, souvent avec succès, alors qu'il s'agissait en fait d'une simple vérification, d'où parfois une perte de temps et de clarté. À notre grand étonnement, la seconde partie de la question a souvent été traitée de façon incomplète : il y avait deux couples à trouver mais beaucoup de candidats n'en ont trouvé qu'un seul (et pas toujours le même).
2. Cette seconde question s'est avérée très délicate : la négation de la proposition était souvent mal posée et les justifications apportées souvent très confuses. La deuxième partie de la question utilisait essentiellement un argument de continuité. Signalons enfin une erreur de compréhension de la question régulièrement rencontrée : on attendait que le candidat prouve que le modèle mathématique choisi garantit la positivité des solutions et l'argument «ce sont des populations donc elles sont positives» n'était pas recevable.
3. Le calcul des dérivées partielles de φ n'a pas soulevé de difficulté mais de trop nombreux candidats ont pensé que «extremum» et «point critique» sont synonymes. Nous conseillons aux candidats de bannir des formulations utilisant «lorsque» ou «quand» qui sont en fait peu précises. Au contraire, une référence précise à une propriété du cours (avec par exemple une formulation «si ... alors ...») était valorisée. Pour démontrer que cet extremum était un minimum on ne pouvait pas se contenter d'une étude sur les axes, il fallait utiliser le début de la partie A, ce que de nombreux candidats ont pressenti sans toutefois parvenir à le rédiger correctement.
4. Cette question a été assez discriminante : de nombreux candidats ont utilisé à bon escient le gradient (ou ont appliqué ce qu'on appelle la «règle de la chaîne»), quand d'autres se sont perdus dans des calculs faux. Signalons également que l'on pouvait aussi revenir à l'expression de $\varphi(x(t), y(t))$.

Partie C

Cette dernière partie du problème, indépendante de la précédente a été moins bien traitée. Certaines questions de calcul ont témoigné d'une grande maladresse de nombreux candidats. Nous conseillons donc aux futurs candidats de ne pas négliger ce type de calcul «basique».

1. On attendait une explication concernant les équations du système, explication trop souvent négligée.
2. Certains candidats se sont apparemment laissés tenter par le bluff : seule l'hypothèse de négligeabilité de $u_n v_n$ par rapport aux termes u_n , $\frac{bd}{c}v_n$, v_n et $\frac{ac}{b}u_n$ permettait d'obtenir la matrice A . Précisons qu'un candidat qui après des calculs faux obtenait miraculeusement la matrice A (donnée dans l'énoncé) laissait une impression désastreuse au correcteur. Il s'agissait dans la suite de cette question d'appliquer les résultats de la partie A (et il n'était pas utile de les redémontrer).
3. Le début de cette question a parfois donné lieu à des calculs interminables. Si le calcul de $(A - I)^2$ n'a guère posé de difficulté, nous avons conscience que le calcul de A^n était plus fastidieux : une démonstration par récurrence incomplète mais bien amorcée était valorisée.
4. Cette dernière question a été très peu abordée, et souvent de manière erronée.

Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99	6	0,40	6	0,40
1 à 1,99	3	0,20	9	0,59
2 à 2,99	15	0,99	24	1,58
3 à 3,99	24	1,58	48	3,17
4 à 4,99	52	3,43	100	6,60
5 à 5,99	75	4,95	175	11,54
6 à 6,99	97	6,40	272	17,94
7 à 7,99	126	8,31	398	26,25
8 à 8,99	144	9,50	542	35,75
9 à 9,99	180	11,87	722	47,63
10 à 10,99	197	12,99	919	60,62
11 à 11,99	184	12,14	1103	72,76
12 à 12,99	127	8,38	1230	81,13
13 à 13,99	111	7,32	1341	88,46
14 à 14,99	72	4,75	1413	93,21
15 à 15,99	56	3,69	1469	96,90
16 à 16,99	25	1,65	1494	98,55
17 à 17,99	14	0,92	1508	99,47
18 à 18,99	4	0,26	1512	99,74
19 à 19,99	3	0,20	1515	99,93
20	1	0,07	1516	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1516

Minimum : 0,34

Maximum : 20

Moyenne : 10,06

Ecart type : 3,27

Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99	5	0,33	5	0,33
1 à 1,99	7	0,46	12	0,80
2 à 2,99	10	0,66	22	1,46
3 à 3,99	30	1,99	52	3,45
4 à 4,99	43	2,86	95	6,31
5 à 5,99	67	4,45	162	10,76
6 à 6,99	93	6,18	255	16,93
7 à 7,99	105	6,97	360	23,90
8 à 8,99	139	9,23	499	33,13
9 à 9,99	162	10,76	661	43,89
10 à 10,99	201	13,35	862	57,24
11 à 11,99	166	11,02	1028	68,26
12 à 12,99	174	11,55	1202	79,81
13 à 13,99	113	7,50	1315	87,32
14 à 14,99	85	5,64	1400	92,96
15 à 15,99	44	2,92	1444	95,88
16 à 16,99	36	2,39	1480	98,27
17 à 17,99	17	1,13	1497	99,40
18 à 18,99	5	0,33	1502	99,73
19 à 19,99	3	0,20	1505	99,93
20	1	0,07	1506	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1506

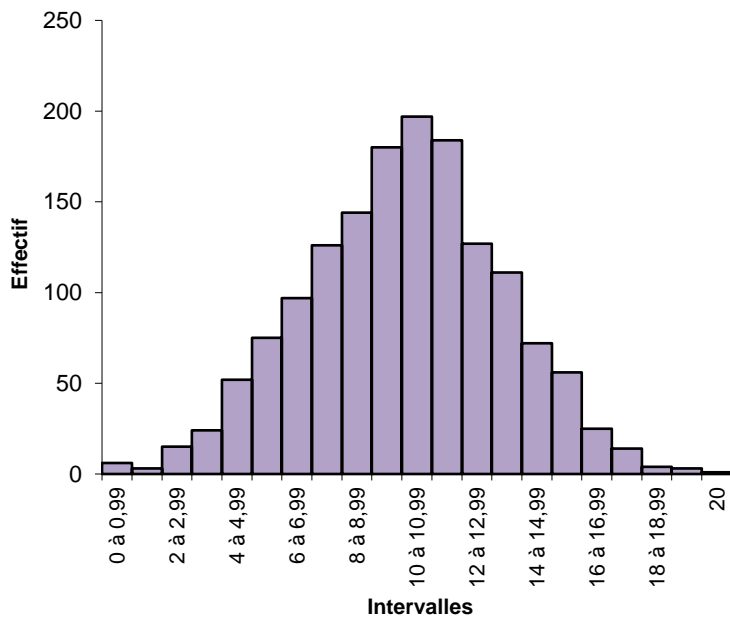
Minimum : 0,64

Maximum : 20

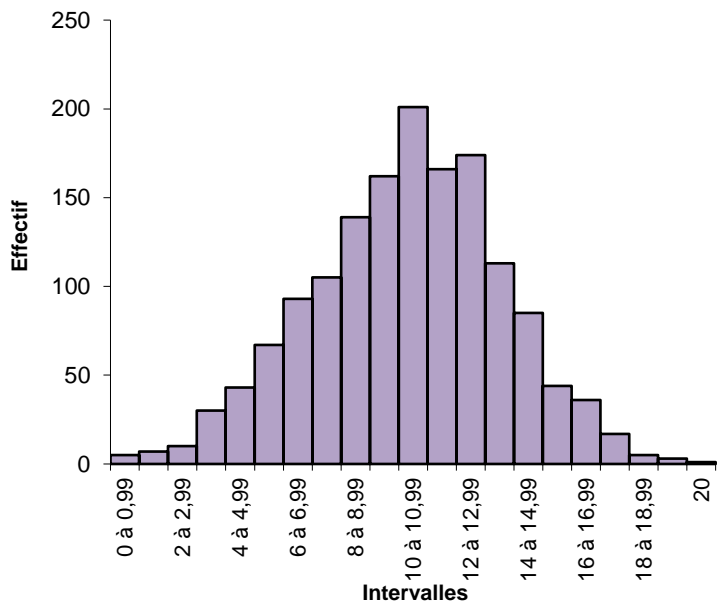
Moyenne : 10,31

Ecart type : 3,33

MATHÉMATIQUES ÉCRIT



PHYSIQUE ÉCRIT



ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE

REMARQUES GÉNÉRALES

- Niveau général plutôt décevant, des questions simples (association d'impédances, Venturi) ont été très peu réussies.
- De nombreuses copies peu soignées.
- Sujet plutôt long dans l'ensemble (de nombreux élèves n'ont traité qu'un peu plus de la moitié du sujet) mais cela n'a pas posé de problème pour l'évaluation des candidats.

1. UN CALCUL D'ORDRE DE GRANDEUR

1.1. et 1.2. Parties généralement bien traitées même si la conversion des secondes en années pose parfois problème. Pas de loi de Joule pour un solide.

1.3. La linéarisation de l'équation de la chaleur a rarement conduit à un temps caractéristique τ correct.

2. COMPRESSEUR

2.1. La définition de l'enthalpie à partir de l'énergie interne est connue de la majorité des candidats, même si parfois on se contente de l'identité thermodynamique en guise de définition ; on trouve aussi quelques définitions surprenantes telles que $H=PV$, $H=PV^{\gamma-1}$ ou $H=PV+ST$.

2.2. La loi de Laplace en variables P, V est connue de la plupart des candidats mais son intégration pose de sérieux problèmes, malgré l'expression de la puissance mécanique du compresseur fournie à la question suivante. Certains candidats ont utilisé avec succès la loi de Joule du GP pour aboutir à l'expression de la variation d'enthalpie. L'expression de Δh a été très rarement obtenue, du fait que la plupart des candidats supposent soit $T=cste$, soit $V=cste$.

2.4. De nombreux problèmes dans le calcul (conversion d'unités) du volume massique du GP. Des confusions entre relation de Mayer écrite pour une mole ou pour n moles entraînant une valeur fautive du coefficient gamma.

3. ÉCOULEMENT DANS LE RÉSERVOIR POREUX

La partie a été globalement assez réussie.

3.1. La dimension de K a parfois été donnée sans justification alors qu'une analyse dimensionnelle portant sur la viscosité était attendue.

3.2. Le signe « moins » présent dans l'expression de la vitesse a rarement été discuté.

3.3. Des erreurs d'intégration ou de signe chez certains candidats mais bien traitée sinon dans l'ensemble.

4. CONDUCTION DE LA CHALEUR DANS LE Puits

4.1. Un bilan d'énergie thermique en régime stationnaire est attendu en guise de justification.

4.2. Manque de rigueur dans l'écriture de la loi de Fourier entre expression vectorielle ou scalaire. La plupart des candidats ignore qu'une géométrie cylindrique conduit à une valeur de la résistance thermique dépendant du logarithme du rayon du cylindre.

4.3. Question généralement bien traitée par les candidats ayant répondu correctement à la question précédente.

4.4. La loi de l'hydrostatique est connue d'une majorité de candidats.

4.5. La relation de Bernoulli a parfois été invoquée pour répondre à la question.

4.6. Question traitée correctement par une minorité de candidats. La dimension de A pouvait être retrouvée à partir de la relation fournie, ce qui a été exploité par très peu de candidats.

4.7. Equation différentielle généralement correcte mais de nombreuses erreurs de calcul dans la détermination des coefficients b , c et d . Beaucoup de candidats n'utilisent pas la solution de l'équation différentielle donnée par l'énoncé.

4.8. L'expression finale de $T(z)$ est rarement obtenue dans son intégralité.

5. HORIZON DU PUIITS

5.1. Très peu de candidats parviennent au bon résultat alors que c'est là encore très «basique». De nombreuses erreurs dans l'application numérique conduisant à l'horizon du puits. Des réponses farfelues concernant la vaporisation mise en jeu. L'évaporation ne constitue pas le même phénomène que la vaporisation.

5.2. Peu de réponses qualitatives correctes concernant l'aspect endothermique de la vaporisation et la rupture des interactions faibles lors du changement d'état.

5.3. Trop peu de bonnes réponses à l'aide du théorème des moments.

6. MESURE DE DÉBIT

6.1. La conservation de la charge et celle du débit massique est généralement écrite correctement mais les erreurs de calcul dans l'expression du débit massique sont trop nombreuses. La relation de Bernoulli ainsi que la conservation du débit est souvent mentionnée, mais un très petit nombre de candidats parvient à l'expression exacte du débit massique ; ils font parfois appel à la loi de Poiseuille qui ne correspond pas au problème étudié.

6.3. La définition du nombre de Reynolds et son lien avec la nature de l'écoulement est connue de la plupart des candidats.

7. MANOMÈTRE DIFFÉRENTIEL

7.1. Question peu traitée ou sans succès par les candidats. L'utilisation d'un pont diviseur de tension reste rarissime.

7.2. De nombreuses erreurs dans l'expression des impédances complexes en particulier dans celles du condensateur et de la résistance en parallèle. L'expression de Z_2 est le plus souvent fautive car on oublie d'inverser la fraction. Certains se contentent de multiplier les 2 impédances, qu'elles soient en série ou en parallèle.

8. TURBINE

Partie assez peu traitée par les candidats. L'utilisation des tables de données thermodynamiques n'est pas concluante.

8.1. Le lien entre enthalpie de changement d'état et entropie de changement d'état n'est pas connu de la plupart des candidats. On écrit parfois $s_v = h_v/T$

8.5. Beaucoup ont reproduit le diagramme de température, mais rares sont ceux qui ont correctement placé tous les points.

9. PRINCIPE D'UN SISMOGRAPHE

9.1. De nombreuses expressions erronées, sans aucun sens physique.

9.2. De nombreuses confusions entre X , X_{eq} et I_0 . Manque de rigueur dans l'écriture de l'équation différentielle après projection (signes, second membre...).

9.3. Question généralement bien traitée par les candidats ayant obtenu une équation différentielle correcte à la question précédente.

9.4. L'analogie électromécanique n'est que peu détaillée et explicitée par la plupart des candidats. Le parallèle entre le sismographe et le régime libre du circuit RLC série est attendu (écriture de l'équation différentielle électrique, identification des grandeurs analogues...). Des confusions entre régime libre et forcé du circuit RLC.

9.5. à 9.10. Les questions ont été peu traitées par les candidats par manque de temps. Pour ceux qui ont traité les questions 9.6-9.7, le travail avec les complexes a plutôt été bien fait lorsqu'il a été traité.

Les membres du jury souhaitent que ces remarques soient profitables aux futurs candidats.

ÉPREUVE ÉCRITE DE CHIMIE

L'épreuve de chimie du concours G2E comporte deux problèmes indépendants :

- un problème de chimie organique sur la synthèse des cryptomoscatoles D1 et D2,
- un problème de chimie générale consacré à l'étude de deux phénomènes métaboliques.

Le second problème est composé de trois parties indépendantes abordant des notions de thermochimie, de cinétique et de chimie des solutions (diagramme E-pH, précipitation, titrage).

Remarques générales

Le sujet a été conçu de manière à évaluer les différentes compétences de la démarche scientifique telles que définies dans les programmes en vigueur de la filière BCPST.

Les questions posées sont de natures diverses : restitution de connaissance, mise en application des compétences exigibles du programme, questions ouvertes. Les questions ouvertes ont un poids plus important dans le barème.

Beaucoup de candidats ont tenté de traiter le sujet dans son intégralité. Les phénomènes de « grappillage » n'ont pas été observés sur cette épreuve, ce qui a permis d'évaluer et de classer les candidats sur le fond de leur production.

Les bonnes copies ont notamment attesté de la capacité des candidats à mobiliser leurs connaissances et à extraire les informations utiles des documents. Il est important de rappeler que toutes les réponses, même partielles, ont été valorisées.

Toutes les questions ont été traitées au moins une fois par un des candidats.

Le jury a relevé quelques points récurrents pour lesquels les candidats ont été pénalisés.

- Le jury constate un laisser-aller sur la rédaction, la rigueur et l'aptitude à mener à bien des calculs et des applications numériques.
- Quelques candidats se contentent d'une analyse dimensionnelle pour démontrer une relation.
- Les candidats alignent parfois de nombreuses valeurs numériques qui sont souvent le résultat de calculs intermédiaires menés au brouillon. L'examineur a toutes les difficultés à en connaître l'origine, et ne peut donc pas valoriser les raisonnements intermédiaires quand le résultat numérique est erroné.
- Certains raisonnements sont trop elliptiques. Les candidats doivent trouver un juste milieu entre concision et efficacité.
- Enfin, on constate un manque de rigueur dans l'écriture des mécanismes réactionnels en chimie organique (doublets non liants utiles absents, flèches approximatives...).

Le jury tient à féliciter les candidats ayant été en capacité de traiter avec brio l'ensemble des questions pendant la durée de l'épreuve.

Remarques sur les différentes questions du sujet

Le jury propose dans cette partie des commentaires détaillés pour chaque question. Certains candidats ont su montrer une bonne maîtrise des notions. Cependant, afin d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage est porté sur les points à améliorer.

Problème 1 : Synthèse des cryptomoscatoles D1 et D2

Ce premier problème, assez court, permettait d'aborder les réactions de base du cours de chimie organique et d'évoquer la stratégie de synthèse.

1. Rares sont les candidats qui n'oublient pas une partie de la réponse : classement des substituants, relation de stéréoisomérisation. Inversement plusieurs candidats mettent deux pages pour déterminer les configurations. Il y a donc un juste milieu à trouver pour être précis tout en traitant la question en un temps raisonnable.
2. Question plutôt bien traitée, même si quelques candidats arrachent un ion hydrogène au groupe formyle de l'aldéhyde. Les flèches \rightleftharpoons des actes réversibles sont souvent oubliées.
3. Confusion fréquente entre diastéréoisomérisation et énantiomérisation. On trouve aussi des expressions malheureuses comme par exemple « molécules chirales l'une de l'autre... ».

4. Très peu de candidats citent le type de réaction parasite. Beaucoup oublient le caractère aprotique du solvant.
On observe parfois une écriture inversée et fautive : au lieu de X-Mg-chaine carbonée, on lit Mg-X-chaine carbonée.
5. Une erreur fréquente consiste à faire une réaction acide-base entre l'alcool et la triéthylamine.
6. Les réponses sont souvent trop vagues.
7. Trop de candidats se contentent d'évoquer la protection des groupes hydroxyle sans préciser de quels périls.
8. La diastéréosélectivité de la réduction n'est pratiquement jamais évoquée.

Problème 2 : Étude des deux phénomènes métaboliques

Partie 1 : La respiration, une source d'énergie pour le sportif

Cette partie portait sur la thermochimie et a été mal comprise par la majorité des candidats. Rares sont ceux qui ont réalisé des bilans pertinents des phénomènes proposés.

Les candidats manquent souvent de rigueur dans les écritures différentielles et mélangent souvent écrire différentielle et variation macroscopique.

Les applications numériques ont souvent posé problème.

9. Quelques erreurs, mais cette question a été plutôt réussie. Cependant, le terme « exothermique » a parfois été confondu avec « exerгонique », qualificatif à réserver à une réaction dont l'enthalpie libre de réaction est négative.
10. Une part non négligeable des candidats a utilisé l'énergie de formation du glucose au lieu de son énergie de combustion.
11. L'immense majorité des candidats a pensé que les 25 % d'énergie utilisée par les muscles conduisaient à l'augmentation de la température du cycliste.
12. RAS
13. Une mauvaise lecture de l'énoncé a fait confondre quantité d'eau à boire par heure et quantité totale pour la course, voire pour tout le tour de France...

Partie 2 : Production de sulfure d'hydrogène par des bactéries sulfato-réductrices

16. Beaucoup de candidats oublient de justifier la possibilité de l'oxydation du sulfure d'hydrogène par le dioxygène.

À plusieurs reprises on trouve des électrons dans la réaction d'oxydoréduction, ce qui montre une confusion entre demi-équation redox et équation d'oxydoréduction.

17. Question plutôt bien traitée.
18. RAS
19. Les relations de base de la thermodynamique chimique ont été oubliées. L'application numérique a souvent posé problème du fait d'un oubli de conversion des kJ en J. On constate également des confusions entre $\ln x$ et $\log_{10} x$.
20. RAS
22. Question ouverte très peu traitée.

Partie 3 : Traitement des eaux de ruissellement chargées en cations métalliques

23. Question souvent bien traitée.
24. On trouve souvent l'erreur suivante : « plus le produit de solubilité est grand, moins la formation du précipité est favorisée ». De même beaucoup de candidats écrivent « le précipité se forme plus vite » ce qui montre une confusion entre cinétique et thermodynamique.
25. Si la formation de CuS a souvent été proposée, la dissolution de l'hydroxyde de fer du fait du pH inférieur au pH de précipitation calculé à la question 23 a rarement été évoquée.
26. Oubli fréquent de la réaction entre H_3O^+ et HO^- .
27. Justification rarement correcte (appel au produit de solubilité des sulfures plutôt que des hydroxydes).
28. Question assez peu bien traitée du fait des erreurs aux questions précédentes ou de l'oubli de la prise en compte des nombres stœchiométriques.
29. Question correctement traitée.
30. Dernière question rarement bien traitée : il fallait penser à l'absence d'ions cuivre et à la diminution de la quantité d'ions fer à doser.

Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99		0,00	0	0,00
1 à 1,99	8	0,53	8	0,53
2 à 2,99	11	0,73	19	1,26
3 à 3,99	28	1,85	47	3,11
4 à 4,99	38	2,51	85	5,62
5 à 5,99	60	3,97	145	9,59
6 à 6,99	93	6,15	238	15,74
7 à 7,99	98	6,48	336	22,22
8 à 8,99	111	7,34	447	29,56
9 à 9,99	160	10,58	607	40,15
10 à 10,99	164	10,85	771	50,99
11 à 11,99	188	12,43	959	63,43
12 à 12,99	166	10,98	1125	74,40
13 à 13,99	141	9,33	1266	83,73
14 à 14,99	105	6,94	1371	90,67
15 à 15,99	54	3,57	1425	94,25
16 à 16,99	53	3,51	1478	97,75
17 à 17,99	22	1,46	1500	99,21
18 à 18,99	9	0,60	1509	99,80
19 à 19,99	2	0,13	1511	99,93
20	1	0,07	1512	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1512

Minimum : 1,01

Maximum : 20

Moyenne : 10,67

Ecart type : 3,39

Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99		0,00	0	0,00
1 à 1,99		0,00	0	0,00
2 à 2,99	3	0,20	3	0,20
3 à 3,99	10	0,66	13	0,86
4 à 4,99	19	1,26	32	2,12
5 à 5,99	36	2,38	68	4,50
6 à 6,99	79	5,23	147	9,73
7 à 7,99	121	8,01	268	17,74
8 à 8,99	164	10,85	432	28,59
9 à 9,99	208	13,77	640	42,36
10 à 10,99	213	14,10	853	56,45
11 à 11,99	184	12,18	1037	68,63
12 à 12,99	156	10,32	1193	78,95
13 à 13,99	136	9,00	1329	87,95
14 à 14,99	75	4,96	1404	92,92
15 à 15,99	52	3,44	1456	96,36
16 à 16,99	33	2,18	1489	98,54
17 à 17,99	11	0,73	1500	99,27
18 à 18,99	8	0,53	1508	99,80
19 à 19,99	2	0,13	1510	99,93
20	1	0,07	1511	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1511

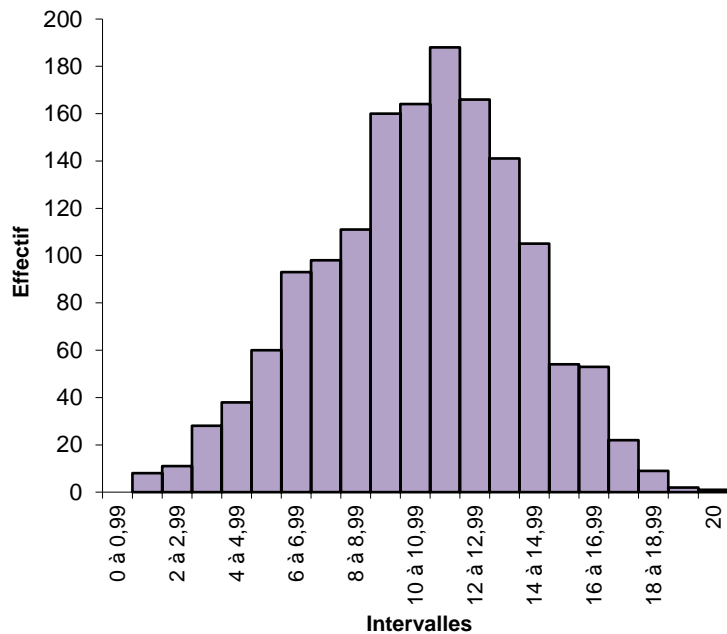
Minimum : 2,13

Maximum : 20

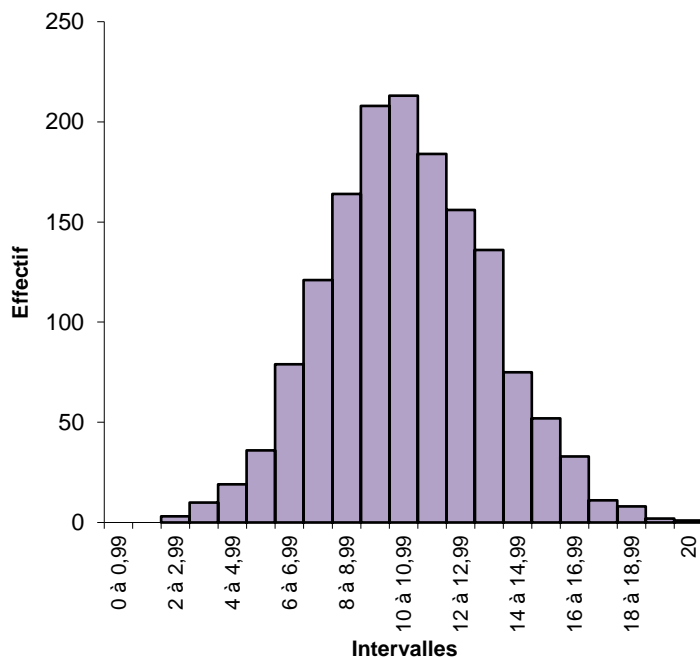
Moyenne : 10,65

Ecart type : 2,85

CHIMIE ÉCRIT



BIOLOGIE ÉCRIT



ÉPREUVE ÉCRITE DE BIOLOGIE

Remarques générales

L'objectif de l'épreuve écrite de Biologie est d'évaluer les capacités d'analyse des candidats en s'appuyant sur l'étude de documents extraits de la littérature scientifique et leur capacité à les relier aux connaissances acquises au cours des deux années de BCPST. Les questions de cours ne sont donc pas à négliger. Le sujet était organisé en deux sous-sujets indépendants (Biologie 1 et 2), chaque sous-sujet étant découpé en parties. Cette année encore, le jury a constaté que les candidats n'ont pas su répartir leur effort équitablement sur les deux sous-sujets. Nous rappelons que les deux sujets valent autant de points l'un que l'autre et qu'il est dans l'intérêt des candidats de leur consacrer un temps équivalent. Bien que beaucoup aient délaissé la fin du sujet 1 pour se consacrer à la deuxième moitié de l'épreuve, la partie 2 du sujet 2 a été éludée par un grand nombre de candidats. 10.5% des candidats ont abordé l'ensemble des questions.

Malgré un sujet 1 généralement réussi, ce déséquilibre nuit grandement à la note finale. Beaucoup de copies se situent ainsi autour de la moyenne : très peu d'excellentes copies mais également très peu de mauvaises prestations. Dans l'ensemble, les copies sont bien rédigées avec un effort notable pour la rédaction et le soin dans la présentation. Toutefois, certains candidats doivent être particulièrement vigilants avec l'orthographe et la grammaire : les règles basiques d'accord des verbes et des adjectifs doivent être *a minima* maîtrisées. Comme cette erreur a été assez commune : un talle n'est pas un thalle, si le tallage existe, ce n'est pas le cas du thallage.

Si l'usage excessif du correcteur blanc est interdit (incompatible avec les outils de numérisation des copies), le fait de barrer fréquemment des mots dans les réponses affecte la fluidité de lecture de la copie. En revanche, cette dernière est grandement facilitée lorsque les idées importantes de l'argumentaire sont soulignées. Bien que cela ait été signalé dans les rapports de jury précédents, des copies comportent des schémas difficilement compréhensibles, voire tout à fait illisibles. Les candidats ne doivent pas hésiter à utiliser une demi-page, voire une page complète, pour réaliser ceux-ci, notamment lorsqu'ils sont explicitement exigés dans le sujet. Tout dessin doit être soigné, titré et légendé à l'aide de traits tracés à la règle. Le jury rappelle que l'utilisation judicieuse et raisonnée de couleurs et symboles rend la copie plus attrayante et participe efficacement à la compréhension du schéma par le correcteur. Comme l'an dernier, la concision et la précision sont de mise. Les graphiques sont trop souvent analysés sans être chiffrés : plus ou moins n'est pas une description scientifiquement correcte de variations, et quantifier ne se résume pas à extraire simplement les valeurs. Les contrôles ont un intérêt : celui de pouvoir conclure sur les résultats obtenus. Les négliger est une faille dans le raisonnement. Le jury recommande également au candidat de se relire avant de rendre sa copie : ainsi certains étudiants peuvent se contredire dans la même phrase ou un paragraphe peut être incompréhensible. De surcroît, quand un schéma bilan ou un organigramme est explicitement demandé par l'énoncé, le correcteur attend cela et rien d'autre, donc n'attribue pas de points à la réponse.

Enfin, quand une conclusion à une question semble être contredite par tous les documents suivants, il peut être judicieux de revenir en arrière et de réfléchir à nouveau à sa réponse. Estimer que les documents sont erronés au lieu de remettre sa conclusion en question n'est pas une démarche scientifique acceptable. Certains candidats (heureusement très peu parmi toutes les copies corrigées) devraient montrer plus d'humilité.

Remarques particulières au sujet 2020

La version du sujet qui a été distribuée aux candidats comportait 2 coquilles sur la numérotation des documents, le jury en a tenu compte dans la notation afin de ne pas pénaliser les candidats étant allés jusqu'à ces questions.

BIOLOGIE 1 : BIOLOGIE DU SORGHO ET DU RIZ

Partie 1. Développement du riz (sur 3.5 points)

Question 1 : un plant sauvage développe peu voire aucune tige secondaire à la différence des mutants *d3-1*, *d10-1* et *d17-1*. Les candidats ont globalement bien réussi cette première question en quantifiant les observations. Sous l'effet des strigolactones GR24, les plants de riz sauvages

développent peu (doc1B1) voire aucune tige secondaire (doc1B2). L'effet est beaucoup plus marqué avec le plant mutant *d10-1* et l'effet dose de GR24 est net. Donc les strigolactones peuvent agir sur les plants mutants (comme sur les plants sauvages) et inhibent le tallage.

Question 2 : On compare ici des plants sauvages et des plants mutants *htd1* (c'est-à-dire chez lesquels le gène *htd1* est invalidé). Les bourgeons axillaires ont été enlevés ou non, ce qui permet par comparaison de comprendre un rôle des bourgeons axillaires et l'implication du gène *htd1* dans le tallage (et donc dans la morphologie). Si les candidats ont bien comparé les plants entiers (en Doc2A) - parfois en ne comprenant pas que le mutant *htd1* était dépourvu d'activité de ce gène- peu ont pensé à comparer les panicules et les dernières feuilles. Toutefois, certains candidats ont bien compris cette expérience.

Question 3 : Les candidats nous ayant juste dit que c'était de la transgénèse n'ont pas récolté tous les points. Certains candidats ne connaissent pas le principe du gène rapporteur à savoir que ce gène dont le produit est facilement visualisable est associé avec le promoteur du gène étudié : cela permet ainsi de voir dans quels tissus le gène est exprimé et avec quelle intensité. Il n'était pas ici question de transport de protéines et encore moins de transport d'enzymes allant jouer sur la synthèse des strigolactones comme nous avons pu le lire dans plusieurs copies. On voyait également que l'enzyme codée par le gène *gus* avait une activité visible dans plusieurs tissus donc rien ne permettait de relier l'expression de ce gène aux bourgeons axillaires uniquement comme nous l'avons beaucoup lu.

Question 4 : l'expression de l'ARNm d'*htd1* est dans l'ensemble bien décrite et la fonction de l'ARNm codant l'actine utilisée comme témoin de charge souvent bien décrite.

Question 5 : on compare ici un plant sauvage, un plant mutant *htd1* et un plant mutant *htd1* possédant par transgénèse le gène *CCD7* codant une enzyme impliquée dans la voie de biosynthèse des strigolactones. La comparaison entre ces trois plants a été dans l'ensemble bien réalisée de même que l'inhibition du tallage par les strigolactones. Mais des candidats ayant bien conclu en 5a n'ont pas formalisé cela sous forme d'un organigramme perdant les points attribués à la question 5b.

Partie 2 : Mode d'action des Strigolactones (sur 3.25 points)

Dans cette partie, les candidats devaient analyser des documents portant sur deux catégories de plants : du riz sauvage et du riz muté pour le gène *d53*.

Question 6 : On remarque au sein des documents 6 que l'absence de D53 fonctionnel induit un tallage important. D'où l'intuition que D53 inhibe le tallage. Si on cultive les plants en présence de strigolactone synthétique (GR24), cela n'a aucune influence sur la morphologie des plants mutés pour *d53* qui sont constitués de nombreuses tiges secondaires, à la différence des plants sauvages dont le nombre de tiges diminue légèrement mais significativement. Le document 6D nous montre que le taux d'expression de l'ARNm codant D53 augmente dans le plant sauvage en fonction du temps si et seulement si le plant est exposé à une dose de GR24. Par ailleurs le plant muté exsude davantage de strigolactones au niveau des racines que le plant sauvage.

Si nous avons eu de très fines analyses de la part de certains candidats, d'autres ont confondu l'expression de D53 au sein des plants sauvages et les mutants *d53*. Les contrôles n'ont pas non plus été toujours considérés. Tous les documents n'ont pas été analysés (le doc 6C par exemple est oublié).

Question 7 : nous allons désormais nous intéresser à la protéine D53 (en utilisant une version chimère *d53-gfp*). Le taux d'actine déposé sert de témoin de charge. Sous l'influence de GR24, le taux de protéines D53 est élevé dans les 5 premières minutes mais diminue dès 10 minutes, l'expérience avec un inhibiteur du protéasome au contraire ne montre aucune diminution, la protéine D53 est donc dégradée rapidement. La version mutée est produite constamment à bas bruit mais ne fait pas l'objet de variations, elle est peu produite et pas détruite. On peut alors revoir son hypothèse à savoir que D53 active le tallage mais sous l'action des strigolactones est dégradée, alors que chez le mutant la protéine D53 n'est pas détruite ce qui induit le tallage.

Les candidats ont globalement bien décrit cette question, dès qu'ils parlaient bien de protéines.

Partie 3 : relations *Striga*, Sorgho et riz (sur 3.25 points)

Question 8 : la plupart des candidats ont bien comparé les quatre situations présentées à savoir 3 carences et le témoin

Question 9 : ce document montrant l'influence des strigolactones sur le développement des mycorhizes a été bien interprété dans l'ensemble. Le document 9-A a été mal interprété par plusieurs candidats : dans ce tableau, on regarde le nombre de ramifications des hyphes du mycète, dans plusieurs conditions (plusieurs concentrations de 3 strigolactones différentes). Il n'est nullement question de strigolactones exsudées.

Question 10 : le développement de *Striga* favorisé par la présence d'exsudats de strigolactones dans les milieux carencés a été bien décrit dans l'ensemble. La plupart des candidats ont considéré *Striga* comme un parasite, le jury acceptait également un compétiteur.

Question 11 : le bilan a été fait par 42% des candidats, certains ont même conclu en insérant les données sur le tallage de la première partie.

BIOLOGIE 2 : LA CROISSANCE DU TUBE POLLINIQUE

Partie 1 : déterminisme moléculaire du guidage du tube pollinique

Question 12 : cette question de cours s'intéressait à la fécondation chez les Angiospermes. Nous attendions donc que les candidats nous parlent de la possibilité d'une fécondation en surmontant les auto incompatibilités, de la siphonogamie, et de la double fécondation et des zygotes qui en découlent. Dissserter longuement sur les différents modes de pollinisation n'était donc pas attendu, de même l'agamospermie était hors propos.

Le document 11 a en revanche été bien commenté dans l'ensemble.

Question 13 : des plants de Capselle sont modifiés génétiquement afin d'être hétérozygotes, à savoir possèdent un allèle codant PRK6 de Capselle et un allèle codant PRK6 d'Arabette, couplé à la GFP. À la suite de la méiose, le pollen ne possède qu'un seul des allèles : si c'est celui codant PRK6 d'Arabette, on a une fluorescence liée à GFP et le tube pollinique s'oriente vers la goutte de LURE d'Arabette par chimiotactisme. C'est un indice supplémentaire d'une interaction entre LURE et PRK6 comme récepteur. Le grain de pollen exprimant PRK6 de Capselle ne s'oriente pas vers la goutte de LURE d'Arabette montrant ainsi la spécificité d'espèce de ce chimiotactisme. Certains candidats ont pensé que PRK6 de Capselle était non fonctionnel.

Question 14 : de très nombreux candidats ne connaissent pas le principe de la colonne d'affinité et quand ils répondent à cette question, le confondent avec une électrophorèse. Le principe ici est d'isoler chaque protéine étudiée spécifiquement et de voir si elle peut interagir avec LURE.

Dans le document 13 a, on a le résultat d'une électrophorèse de protéines de pollen réalisée en conditions dénaturantes. Donc les structures III et IV des protéines ne sont pas à considérer. Les protéines migrent selon leur taille : MIK1 et MIK2 étant d'un poids supérieur à 66kDa, PRK3 autour de 30kDa et PRK6 autour de 30-35kDa avec une seconde bande à 14-16kDa. On peut alors penser que PRK6 est formé de 2 sous unités ou que PRK6 est associé à LURE (puisque ce qui est analysé provient de l'éluat de la colonne d'affinité). De nombreux candidats ont expliqué que les MIK sont plus lourds parce qu'ils étaient liés à LURE, ce qui n'est pas cohérent avec des conditions dénaturantes.

Le document 13b donne la réponse : quand PRK6 est associé à LURE en excès, on a 2 pics : un à 43kDa, l'autre à 14kDa. Ce dernier correspond au peptide LURE seul (donc la bande la plus petite sur le gel). PRK6 seul donne un pic intermédiaire de taille (proche de 30-35kDa).

Question 15 : l'expérience précédente est renouvelée avec deux mutants de PRK6. Le jury ne s'attendait pas à ce que le candidat connaisse la signification du code une lettre des acides aminés, ni celle du Δ . Une réflexion argumentée était prise en compte, quant aux mutations neutres ou délétères, même s'il y avait des inexactitudes biochimiques. Dans la piste 1 (sauvage) et 3 (N239A), on voit 2 bandes : PRK6 sauvage ou mutée N239A interagissent avec LURE, à la différence des deux autres mutants puisqu'on ne voit que la bande correspondant à PRK. Ainsi, la substitution de N (asparagine) en A (alanine) n'a aucune conséquence (soit parce que c'est dans une zone qui n'affecte pas la reconnaissance de LURE, le doc14a pouvant aider, soit parce que les deux acides aminés ont des propriétés similaires...N est polaire non chargé, A est hydrophobe). La substitution D234A (aspartate, acide aminé polaire par alanine) affecte la reconnaissance de LURE, de même

que la délétion de 239. Cela est montré de façon fonctionnelle par l'attraction du tube pollinique par LURE, le chimiotactisme des tubes D234A et Δ N239 étant diminué de 60 à 80%.

Partie 2 : le contrôle de la morphologie du tube pollinique par ROP1

Cette partie a été beaucoup moins traitée par les candidats, mais certains ont pu arriver au bout, en ayant traité l'ensemble des questions précédentes.

Question 16 : la fluorescence spontanée de la chlorophylle n'a pas été comprise par beaucoup de candidats. Mais les schémas réalisés montrant l'association entre ROP1 et PRK6 étaient corrects dans l'ensemble.

Question 17 : ROP1 est une GTPase et PRK6 est une protéine kinase (comme le prouve le transfert de ^{32}P).

Question 18 : le taux de ROP1 influence proportionnellement la morphologie du tube pollinique, en augmentant la largeur au détriment de la longueur.

Question 19 : ROP1 et PRK6 interagissant au niveau de la membrane plasmique, l'effet de ROP1 sur la morphologie du tube pollinique est activé par PRK6.

Question 20 : les modifications morphologiques du tube pollinique est liées à la répartition de la pectine : LURE se fixe sur PRK6 à la membrane, ce qui active ROP1, qui induit la relocalisation des vésicules d'exocytose à l'apex du tube pollinique.

ÉPREUVE ÉCRITE DE GÉOLOGIE

Le sujet traite essentiellement de la tectonique des plaques, en s'intéressant plutôt à des problèmes relatifs à l'accrétion océanique. On se propose de caractériser la croûte océanique et le manteau sous-jacent à partir de données pétrographiques, tectoniques, cartographiques, géophysiques et géochimiques. En termes de géologie appliquée, on s'intéresse ensuite (i) aux minéralisations sulfurées associées aux événements hydrothermaux, et (ii) aux aléas naturels des îles intra-océaniques.

1. TECTONIQUE DES PLAQUES DANS L'OCEAN INDIEN

1.1. On attend ici de voir figurer sur la carte à compléter, le dessin de frontières de plaques avec les zones de divergence et les zones de convergence.

- Concernant les zones de divergence, on a les dorsales de l'océan Indien au sud-ouest, au sud-est, et au Nord (océan central Indien et dorsale de Carlsberg). On peut ensuite matérialiser les zones de rift, fossé d'effondrement, à l'Est de l'Afrique (golfe d'Aden, Afar, mer Rouge). Les caractéristiques principales sont (i) un magmatisme tholéiitique au droit des dorsales, un magmatisme tholéiitique à alcalin dans les rifts africains (ii) une symétrie des sédiments, de part et d'autre de la dorsale (organisation en bandes parallèles à la dorsale), avec les sédiments les plus jeunes et les moins épais à proximité de la dorsale, (iii) des failles normales, avec sismicité superficielle, de faible magnitude, et (iv) des dorsales décalées par des failles transformantes, subparallèles, découpant la dorsale en segments.

- Pour les zones de convergence, on a tout d'abord des zones de subduction, avec subduction intra-océanique et subduction océan-continent. Les caractéristiques sont (i) des séismes intenses, avec des séismes profonds, de forte amplitude, soulignant le plan de subduction, dit de Benioff, ou encore le "slab" qui par densité s'enfonce dans le manteau ; une fosse est formée en avant de la plaque qui s'enfonce et les séismes sont de plus en plus profonds lorsqu'on s'éloigne de la fosse, (ii) un volcanisme calco-alcalin, le plus souvent explosif, par exemple dans les îles de la Sonde (arc insulaire indonésien passant par Sumatra), (iii) développement de failles inverses, (iv) des zones de subduction souvent arquées. Dans le nord-est de l'océan Indien, la limite de l'arc de la Sonde (arc indonésien) est sécante sur les formations géologiques de la plaque chevauchée indo-australienne, qui sont moins déformées que celles de la plaque chevauchante.

Pour les zones de convergence, on a aussi des zones de collision, avec affrontement de plaques continentales, comme au nord de l'Inde. L'arc de la Sonde (arc indonésien) se prolonge par la zone de collision continentale himalayenne par l'intermédiaire de failles décrochantes et chevauchantes qui bordent le continent indien. La disparition de l'océan entraîne l'affrontement de plaques continentales, avec développement de grands chevauchements. Les formations géologiques se présentent en bandes resserrées (Himalaya). Séismes et magmatisme (volcanisme et plutonisme) sont omniprésents. Le chevauchement himalayen se prolonge au sud de l'Iran (Chaînes du Zagros, chaîne en Turquie).

1.2. La structure géologique entourée d'un cercle correspond à un point triple (ou jonction triple). Il est situé dans l'océan Indien (pour information, point triple de Rodriguez). Il est centré près de l'île de Rodriguez, et formé par les plaques africaine, antarctique et australienne, à la jonction des trois dorsales (dorsale centrale indienne, dorsale sud-ouest indienne et dorsale sud-est indienne). Ainsi, il correspond ici à la zone de jonction de trois plaques divergentes.

1.3. Il y a fixité du point chaud par rapport à la plaque océanique qui se déplace. On peut aussi évoquer les propriétés des magmas liés au volcanisme intraplaque. Ce sont des magmas faiblement visqueux qui forment de vastes coulées, d'où les plateaux, comme les Kerguelen quand le magmatisme est volumineux. On rencontre (i) des îles isolées correspondant à des strato-volcans (ou volcans boucliers) émettant des laves fluides (La Réunion), (ii) des alignements d'îles, bien visibles au nord de la Réunion (Mascareignes, Chagos, Deccan).

1.4. Les deux types majeurs de magmas émis dans les points chauds correspondent à un magmatisme basique, alcalin et tholéiitique.

1.5. Il y a émission d'abord de basaltes alcalins puis ensuite de basaltes tholéitiques. Mais l'inverse peut être vrai ! D'où l'importance du raisonnement et de la justification. Cela montre la diversité des processus naturels.

- La succession des basaltes alcalins puis tholéitiques s'explique par une fusion profonde d'abord à partir d'un manteau non appauvri et ensuite par une fusion plus superficielle à partir d'un manteau plus appauvri.
- Il peut y avoir la mise en place de panaches mantelliques liés à des mouvements profonds du manteau (instabilité gravitaire entre manteau inférieur et supérieur, vers 700 km) et qui peuvent même être issus du toit de la zone D" (manteau inférieur/noyau, vers 2900 km). L'évolution de la température se fait par un gradient thermique adiabatique. La remontée du manteau est adiabatique, c'est-à-dire qu'elle se fait sans échange de chaleur avec l'extérieur. Fusion à faible taux qui donne des basaltes alcalins. Augmentation du taux de fusion qui va donner des basaltes tholéitiques, ou encore fusion d'un manteau encaissant appauvri.
- Il peut aussi y avoir la fusion du manteau appauvri qui va donner des basaltes tholéitiques. La chaleur liée à la fusion peut entraîner plus près de la surface la fusion de poches de manteau non appauvri qui vont donner des basaltes alcalins postérieurs.

1.6. L'âge maximal du plancher océanique de l'océan Indien correspond au Jurassique inférieur (environs 200 Ma). Les formations sont visibles notamment dans la marge de l'Afrique de l'Est, entre le Mozambique et Madagascar (canal du Mozambique).

1.7. Le mécanisme correspond à la subsidence thermique.

1.8. La croûte océanique, une fois formée à la dorsale, se refroidit en s'éloignant progressivement. Elle se densifie, en même temps que l'isotherme 1300°C s'enfonce. Ainsi, la croûte océanique se densifie et s'épaissit. Des portions du manteau refroidit franchissent l'isotherme 1300°C : c'est le manteau lithosphérique. De plus, le dépôt des sédiments fait aussi que la croûte s'alourdit et s'enfonce, provoquant un approfondissement des fonds océaniques. Avec le temps, le manteau lithosphérique devient plus dense que le manteau asthénosphérique. Il devient alors instable et finit par plonger dans le manteau asthénosphérique et s'enfonce d'autant plus que le contraste thermique et rhéologique est grand entre la plaque et le manteau hôte. Finalement, l'épaississement lithosphérique et l'enfoncement des fonds océaniques sont essentiellement fonction du refroidissement, donc de l'âge de la croûte océanique.

1.9. On s'intéresse à la flottabilité de la lithosphère sur l'asthénosphère.

• Résultats : $e_L = 70$ km ; $t = 58$ Ma.

• Développement : l'équilibre de la lithosphère sur l'asthénosphère résulte de la compensation du poids par la poussée d'Archimède.

On peut donc écrire : $\rho_c \cdot e_c + [\rho_{ML} \cdot (e_L - e_c)] = \rho_{MA} \cdot e_L$

On développe : $\rho_c \cdot e_c + \rho_{ML} \cdot e_L - \rho_{ML} \cdot e_c - \rho_{MA} \cdot e_L = 0$

Mise en facteur des termes connus : $e_c (\rho_c - \rho_{ML}) + e_L (\rho_{ML} - \rho_{MA}) = 0$

$e_L = e_c [(\rho_{ML} - \rho_c) / (\rho_{ML} - \rho_{MA})] = 9.2 \cdot t^{1/2}$

$e_L = 7 [3.3 - 2.8] / (3.3 - 3.25) = 70$ km

$70^2 = (9.2^2) \cdot t$

$t = 4900 / 84.64 = 58$ Ma

1.10. La carte géologique montre qu'il existe des croûtes océaniques âgées de 180 Ma (Jurassique) avant qu'elles ne s'enfoncent dans l'asthénosphère. Une des raisons pour lesquelles la croûte n'entre pas en subduction plus tôt est la solidarité de la croûte âgée avec la croûte océanique plus jeune ainsi qu'avec la marge passive et sa lithosphère épaisse. On peut considérer aussi la différence de vitesse différentielle des fragments de la croûte océanique de part et d'autre de la dorsale.

1.11. On décrit les mouvements relatifs des différents blocs de la croûte océanique à l'approche de l'arc de la Sonde (failles majeures A et B).

A - Faille chevauchante majeure, marqueur de la subduction de l'océan Indien sous l'Indonésie (fosse de Sumatra). Compte tenu du vecteur vitesse qui indique le mouvement de la plaque

océanique (5,5 cm/an), il y a une composante horizontale, indicative d'un déplacement latéral décrochant, avec mouvement du matériel océanique vers le nord, et un raccourcissement perpendiculaire à la faille.

B - La deuxième faille, à l'arrière, est une faille coulissante, décrochante qui fait décaler la partie orientale de la plaque chevauchante vers le sud, et sa partie occidentale vers le nord (grande faille de Sumatra).

1.12. Il s'agit de failles verticales en échelon qui appartiennent à un système conjugué décrochant.

1.13. Le schéma du champ de contraintes relatif au jeu des failles doit montrer, (i) le système décrochant théorique, (ii) le rôle des failles obliques d'orientation WNW-ESE, (iii) les failles N-S. Concernant les contraintes, σ_1 a une orientation NNW-SSE, σ_2 est vertical, et σ_3 est perpendiculaire à σ_1 .

1.14. Le vecteur vitesse est oblique par rapport au plan de subduction, ce qui entraîne que le mouvement à l'approche de l'arc est décomposé sur le plan de faille (subduction) en une contrainte principale compressive et une contrainte latérale provoquant le glissement subhorizontal. Il y a une solidarité entre la plaque chevauchante et la plaque chevauchée, ce qui entraîne une variation des contraintes localement dans la plaque qui va subduire. Dans la plaque qui subducte, un système conjugué peut être mis en évidence qui résulte des mouvements contrastés au niveau du plan de subduction.

2. ALEAS ET RISQUES

2.1. Risque et aléa.

- Définition aléa : possibilité qu'un phénomène naturel relativement brutal, relevant de la géodynamique interne (séisme, éruption volcanique) ou externe (cyclone, inondation...), survienne dans une région donnée. L'aléa exprime la probabilité que se réalise un événement potentiellement dangereux. Il est évalué en terme d'intensité, de fréquence, d'étendue. Il intervient dans la mesure du risque.

- Définition risque : menace qu'un événement naturel banal et potentiellement dangereux appelé aléa occasionne des effets dommageables sur les aménagements, les ouvrages et la population d'un territoire qui constituent les enjeux. L'évaluation du risque revient à déterminer le degré de vulnérabilité des enjeux en fonction d'un aléa donné.

Risque = Aléa x Vulnérabilité des enjeux / Résilience.

2.2. Méthodes et instruments de surveillance des volcans.

- Approche géologique : cartographie, analyse et datation des produits éruptifs.

- Surveillance géochimique : analyse des gaz, des eaux pour connaître la nature, le mouvement, et la proportion des fluides émis par le volcan.

- Surveillance géophysique globale :

- Observations satellitaires (thermographie et interférométrie radar) ;

- Observations aéroportées (thermographie IR, chaleur).

- Surveillance géophysique sur le volcan :

- Sismométrie (fréquence et magnitude des séismes donc sismographes, localisation hypocentres) ;

- Mesure du potentiel électrique lié à la circulation des aquifères – Polarisation spontanée ou provoquée ;

- Gravimétrie (anomalie du champ de pesanteur) liée aux variations de densité (magmas-roches solides) ;

- Magnétométrie (anomalies magnétiques) donc magnétomètres ;

- Magnétotellurie (anomalie de résistivité électrique) distinction de la chambre magmatique avec une résistivité plus faible ;

- Localisation : Station GPS pour mesurer les mouvements ;

- Mouvements : inclinomètre pour mesurer les soulèvements, les variations de la pente du volcan. Appareils couplés à des altimètres. Technologie laser. Extensomètres pour enregistrer l'écartement éventuel des fissures.

On peut aller plus loin en définissant une carte des aléas et en identifiant les enjeux, etc. Avant d'installer quoi que ce soit, il faut connaître l'histoire du volcan. Quel(s) type(s) d'éruption(s), leur localisation, leur fréquence en remontant le plus loin possible dans le temps. Ainsi, l'analyse des produits éruptifs et leur chronologie sont très importantes. Cela permet d'établir des cartes d'aléas et, en identifiant les enjeux, des cartes des risques encourus.

2.3. Sur la figure montrant les avalanches de débris volcaniques, on peut relever les caractéristiques morphologiques suivantes :

- la présence de caldeiras emboîtées (édifice composite) ;
- la forme en fer à cheval typique de glissements de terrain (failles listriques) ;
- les pentes plus ou moins abruptes ;
- les failles bordières des caldeiras qui laissent passer les fluides météorologiques, ainsi que les émanations gazeuses du volcan conduisant à des zones de rupture potentielle. Il y a réduction de la résistance des matériaux le long de surface de glissement par augmentation de la pression de fluide. Une fois le décollement effectué, il y a glissement gravitaire. Tous les plans définissent des zones de drains pour l'activité magmatique ou les intempéries, qui peuvent provoquer des éboulements de blocs.

Problème de cohésion des roches et des formations volcaniques (cendres, blocs, coulées).

Phénomène climatique : fortes pluies – Fluidification des cendres et des zones au contact de formations éruptives différentes (lubrifiant).

Microséismes liés ou non à l'activité volcanique.

2.4. Avalanches et sécurité : il y a les aléas directs et les aléas induits. La figure 6 souligne, d'après la morphologie et les prélèvements, la présence d'avalanches de débris en mer. Leur volume peut laisser suggérer qu'il s'agit de pans entiers du volcan qui se sont écroulés. On peut aussi envisager la formation d'un tsunami par l'effondrement d'une partie du volcan, qui entraîne le mouvement d'une quantité d'eau équivalente. Il y a donc un risque pour les zones urbanisées à proximité des flancs du volcan.

2.5. Les tremblements de terre en domaine océanique : mouvements le long des failles avec formation de rejets qui modifient la morphologie du plancher sous-marins, et causent une variation du niveau de l'océan à l'aplomb de la faille. A l'approche d'un continent, la vitesse du tsunami diminue et l'amplitude de la vague augmente jusqu'à former un véritable mur d'eau. La côte indienne est située à environ 2000 km de l'arc des îles indonésiennes. Les séismes sont liés à la subduction de la plaque indienne sous l'arc indonésien, et aux mouvements coulissants, ces derniers étant plus particulièrement accusés et plus récents au nord de l'arc. La carte bathymétrique montre que l'océan est profond au voisinage de l'arc, ce qui fait que l'onde sismique émise en bordure de l'arc peut se déplacer rapidement et atteindre l'Inde, ainsi que des régions occidentales plus éloignées (cf. séisme et tsunami du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien, de magnitude 9,1 à 9,3).

2.6. La zone méditerranéenne est une zone sismique, des Alpes occidentales à l'Afrique du Nord, à cause de la convergence de l'Afrique et de l'Eurasie, l'Afrique s'engageant sous le continent européen. Cette convergence provoque des mouvements dans le bassin méditerranéen et dans les terres émergées ; en France, au niveau de l'arc alpin, en Italie, Grèce, et au Nord de l'Afrique. La prolongation des failles compressives ou transverses au sein du domaine méditerranéen peut être à l'origine des tsunamis. Il existe le long de la côte occidentale de l'Italie une chaîne de volcans liés à la subduction de la mer Tyrrhénienne sous l'Italie. Les séismes peuvent être liés à cette convergence, mais aussi au développement des volcans (Etna, Stromboli, ...). Ces derniers, par suite d'événements explosifs particulièrement violents, qui accompagnent le plus souvent des séismes et la montée des magmas, peuvent se fracturer et s'effondrer dans la mer qui les borde. Le déplacement brusque de la masse d'eau déplacée peut entraîner la formation d'une vague d'une grande hauteur qui peut atteindre les côtes bordant la Méditerranée.

3. LES DORSALES OCEANIQUES

3.1. On demande d'exploiter des données de tomographie sismique et de les relier au contexte géodynamique. Les anomalies négatives, rouges, observées dans l'océan Pacifique, sont liées à un

pourcentage élevé de variation de diminution de vitesse des ondes S, compris entre -4 et -10. Ces anomalies peuvent être liées à une plus grande plasticité du manteau sous la dorsale est-pacifique qui serait provoquée par des températures élevées à faible profondeur, à proximité de la dorsale océanique.

Les anomalies, jaunes à orangées, observées dans l'océan Indien (mais aussi dans l'océan Atlantique), sont supérieures à -5 (entre -5 et 0). Ceci suppose, par comparaison avec la dorsale Pacifique, que la plasticité est plus faible, de même que la température à profondeur égale.

Les variations tomographiques observées entre les manteaux sous les dorsales Pacifique et Indienne illustrent des variations de température importante en liaison avec des activités magmatiques différentes : fortes dans l'océan Pacifique, à proximité de la surface, océan avec des taux d'expansion élevés ; faibles dans l'océan Indien qui a des tronçons de dorsale lente avec peu d'émissions de magmas.

3.2. On procède à une analyse comparative entre ride rapide et ride lente. Ainsi, la figure illustre, à partir du modèle de Debayle et Ricard, l'évolution des coupes tomographiques du manteau en fonction de la profondeur, de l'âge de la lithosphère, par rapport à la dorsale au point 0, en abscisse, et de la vitesse d'expansion des dorsales les plus rapides (150 à 80 mm par an : Nazca ; Pacifique-Antarctique) aux dorsales ultra-lentes (<15 mm/an : Antarctique/Afrique, Nord-Eurasie/Amérique du Nord). Des dorsales les plus rapides aux plus lentes, les anomalies tomographiques, à proximité de l'axe de la dorsale, passent du rouge au bleu clair ; elles deviennent de moins en moins négatives (de $-5 < \Delta V < +2$). Il y a diminution de la surface des plages rouges (anomalies très négatives - températures élevées) qui ne subsistent qu'en profondeur, au contraire des plages bleues (températures plus faibles qui se rapprochent de la dorsale lorsque la vitesse d'expansion diminue (couleur bleue en surface, de 60 km dans les dorsales rapides à 0 km pour les dorsales ultra-lentes). Par ailleurs, à partir d'une vitesse d'expansion ≤ 23 mm/an, la structure visible à l'aplomb des dorsales dans la plupart des océans où la vitesse d'expansion est supérieure à 23 mm/an tend à disparaître. Pour la majorité des dorsales, on observe une structure en cloche avec une base plus ou moins évasée, dont la taille diminue avec la diminution de la vitesse d'expansion. La destruction de cette structure est nette dans les dorsales ultra-lentes comme pour Antarctique/Afrique où les anomalies tomographiques ne sont plus centrées par rapport à la dorsale, mais deviennent quasi horizontales. La disparition de la structure tomographique du manteau des dorsales rapides aux dorsales les plus lentes est liée à la diminution de température à l'aplomb des dorsales, elle-même, corrélée à une diminution du magmatisme. On peut par ailleurs suspecter un début de segmentation verticale en fonction de l'âge du manteau, marqué par des ondulations de faible amplitude dans les dorsales lentes à ultra-lentes. Cette distribution est alors loin du modèle des dorsales rapides où les limites des anomalies s'enfoncent régulièrement en s'éloignant de la dorsale en raison du refroidissement, selon la distribution en cloche qui suit les courbes profondeur-distance à la dorsale.

3.3. On s'intéresse au profil topographique de rides rapides et de rides lentes. Les deux dorsales montrent un bombement, avec des deux reliefs à -2500 m qui se situent (i) à 25 km de part et d'autre de l'axe de la dorsale lente, et (ii) à l'axe de la dorsale pour les dorsales rapides. On observe donc une vallée axiale à -3500 m dans les dorsales lentes encadrées par les deux reliefs, les deux horsts à -2500 m, ce qui laisse une variation d'amplitude de 1000 m qui caractérise cette vallée profonde large de 50 km environ. La dorsale rapide est donc moins profonde que la dorsale lente (-2500 m contre -3500 m). Le plancher moyen à l'écart de la dorsale est le même dans les deux cas, vers -2800m. Le profil des dorsales rapides est plus lissé et moins fracturé que celui de la dorsale lente. La fracturation semble plus importante pour la dorsale lente avec des rejets importants pour passer des horsts à -2500 m à la vallée axiale à -3500 m. Pour information, la faible variation de profondeur des prélèvements des échantillons de basalte pour les dorsales rapides se traduit par de faibles variations des données en abscisse (-2500 à -3000m), à la différence des dorsales lentes (-2300 m à -4100 m).

3.4. Les processus de fusion du manteau illustrent comment la composition du liquide peut varier en fonction du taux de fusion. Les effets de la cristallisation fractionnée avec la diminution de MgO et dans les minéraux mafiques, comme l'olivine, la diminution de MgO avec la diminution de la mole de forstérite.

La teneur en MgO des basaltes océaniques varie en fonction de nombreux paramètres, (i) la nature du manteau qui varie avec la profondeur (manteau appauvri ou non) ; (ii) le taux de fusion à partir d'un même manteau (rôle de la température et de la profondeur de fusion) ; (iii) le fractionnement du liquide basaltique lors de sa remontée et/ou dans les chambres magmatiques.

3.5. On analyse les variations du rapport $[Mg/(Mg+Fe)]$.

- Observation : le rapport $Mg/(Mg+Fe)$, dans les dorsales rapides est plus faible que dans celui des dorsales lentes (56-60 pour les dorsales rapides, contre 59-65 pour les dorsales lentes).
- Déduction par rapport à l'argumentaire développé en question 3.4 :
 - des manteaux de nature différente seraient sollicités pour la fusion : manteau plus appauvri pour les dorsales lentes. Donc si MgO est fort dans le manteau, $(Mg/Mg+Fe)$ sera plus élevé dans les laves des dorsales lentes. Il n'y a pas d'indice indiquant des manteaux très différents dans les océans à l'aplomb des dorsales lentes ou rapides.
 - un taux de fusion plus fort dans les dorsales lentes, ce qui serait contraire aux observations effectuées. A cause des plus fortes températures à faibles profondeurs et du taux d'expansion élevé dans les dorsales rapides, une forte activité magmatique est présente.
 - un fractionnement du liquide basaltique dans les chambres magmatiques qui conduirait à une diminution de MgO par rapport à FeO (cristallisation d'olivine, de pyroxènes). Ceci est en accord avec les températures élevées à faibles profondeurs compatibles avec une activité magmatique importante : émission de laves, chambres magmatiques vastes.

3.6. Accidents transverses.

- Observations dans la zone occidentale : dorsales sub-parallèles aux extrémités, faible profondeur (3000 m), faible amplitude des variations bathymétriques, "OSC" (Overlapping Spreading Center).
- Observations dans la zone orientale : zone transformante type, décalage marqué des dorsales, failles multiples, rejet important, grande profondeur (4000 m), variations bathymétriques importantes à l'intersection dorsale-transformante.

3.7. Anomalies de Bouguer.

g_M = Valeur de la gravité mesurée en tout point de la surface du globe.

g_{th} = Valeur théorique calculée avec la formule de Clairaut en ce point. La différence entre g_M et g_{th} constitue une anomalie. Plusieurs paramètres affectent cette différence (altitude, topographie) qui est corrigée.

Δg (Bouguer) tient compte de la correction :

- à l'air libre $[\delta g_{(air\ libre)}]$;
- de plateau (dans les continents) liée à la masse rocheuse au-dessus de l'ellipsoïde $[\delta g_{(plateau)}]$;
- de topographie $[\delta g_{(topographie)}]$.

Cet écart (anomalie de gravité) peut varier, de l'ordre de -300 à +300 milligals, soit de -3 à +3 mm/s². L'écart peut être cartographié (cartes d'anomalies).

Après l'application de corrections qui tiennent compte de toutes ces influences, la valeur théorique du champ de la pesanteur de la Terre en un point de mesure est soustraite de la valeur mesurée (ou observée) corrigée, et la différence est appelée anomalie de Bouguer.

$$\Delta g_{(Bouguer)} = [g_M + \delta g_{(Bouguer)}] - g_{th} \text{ avec } \delta g_{(Bouguer)} \text{ compté algébriquement.}$$

3.8. En théorie, les différences de l'anomalie de Bouguer, telles qu'observées sur une carte, sont reliées aux différences de densité de la roche. Dans l'océan, toute chose étant égale par ailleurs, une augmentation de l'anomalie (vers les valeurs négatives) traduit une augmentation de la masse de roche présente, donc une élévation du relief du fond marin. L'anomalie de Bouguer est inversement corrélée avec la bathymétrie. Les anomalies sont aussi plus accusées au passage des failles transverses. A l'aplomb des zones où la chambre magmatique est absente ou plus profonde (partie orientale), on remarquera que les anomalies de Bouguer sont les plus faibles.

3.9. Les accidents transverses montrent le plus souvent une variation significative des marqueurs : anomalie de Bouguer, épaisseur des laves, présence et profondeur des chambres magmatiques. Les chambres ne sont pas présentes partout. Elles sont absentes des zones transverses et en particulier des zones transformantes. De plus, elles sont situées à des profondeurs variables (-4000 m à -6000m) et ne semblent pas présentes tout le long de l'axe de la dorsale. Il n'y a pas de rapport

évident entre l'épaisseur des laves et la présence des chambres, à moins que les chambres soient très profondes, comme dans le secteur B. Le toit de la chambre magmatique est absent dans les portions dites amagmatiques (zone B et zone à 103°35' E).

Remarque : il est difficile de faire un lien entre la présence des chambres, leur profondeur et l'épaisseur des laves ou celle de la croûte océanique sous les laves.

3.10. On demande de dessiner, à main levée, le profil bathymétrique de dorsales dans trois secteurs (A, B et C). De A à B, le profil de la dorsale s'enfonce. En A et B, le profil, peu fracturé, est situé à des profondeurs très différentes. La morphologie est compatible avec des dorsales rapides bien que le volume des laves soit différent dans les deux cas. En C, la morphologie s'apparente plutôt à celle d'une dorsale lente avec des épaisseurs de laves variables dans la coupe et des émissions actuelles d'importance variable. Il y a donc des variations dans le temps du volume des émissions de laves qui, de toute façon, ne sont donc pas très bien corrélées avec la morphologie des dorsales dites lentes ou rapides.

3.11. On demande une description des péridotites et des serpentinites mylonitisées.

La description de la lame est en partie donnée dans la légende de la figure 12a. La lame de péridotite montre des minéraux frais : olivine et pyroxène, de forme oblongue, pour les plus gros d'entre eux, situés dans une matrice recristallisée à grain fin, de même composition (pour information : porphyroclastes dans une matrice granoblastique). La péridotite a une structure foliée, ocellée, d'où le terme de péridotite mylonitisée. Son aspect est rubané à cause de la variation des grains et de la présence de lignes noires, rectilignes à ondulées, qui correspondent à des plans de glissement et qui encadrent localement les yeux d'olivine, dans la matrice recristallisée. Pour information, la matrice mylonitique correspond à la coalescence de petits fragments de minéraux mafiques.

La lame de serpentinite (figure 12c) montre une texture comparable à celle de la péridotite bien que les minéraux primaires aient quasi disparu. Par définition (légende de la figure 11d), la serpentinite correspond à une péridotite transformée par hydratation : elle est composée de minéraux serpentineux secondaires qui apparaissent sur la photo comme des petites gerbes ou feuilletés. Dans la matrice serpentineuse, il est indiqué sur la photo la présence de quelques olivines relictuelles avec de la magnétite. Les lignes noires, plus ou moins larges et sub-rectilignes peuvent être la trace des plans relictuels sigmoïdes visibles dans la péridotite mylonitisée mais recristallisés. Ils peuvent correspondre ainsi aux zones de glissement associées à des failles dans la péridotite. Pour information, il s'agit d'un "Oceanic Core Complex" (ou "mégamullion"), issu du fonctionnement d'une faille de détachement, présentant une morphologie en dôme, et dont la surface est marquée par des striations spectaculaires appelées corrugations. Ces striations sont imprimées à la surface du dôme par le glissement du bloc chevauchant, et orientées parallèlement à la direction de glissement de la faille. Le processus débute lors d'une phase d'extension amagmatique, avec l'activation d'une faille de détachement, qui fait progressivement affleurer les roches profondes de la croûte.

3.12. Les plans observés dans les péridotites et les serpentinites sont des plans de foliation ou des plans de glissement le long de failles subhorizontales. Leur origine tectonique est supposée commune à celle des plans subhorizontaux observés dans les plateaux essentiellement composés de péridotites (voire carte et coupe). Les lignes horizontales sur des plans subhorizontaux de glissement de faille ou de foliation dans les péridotites peuvent ainsi s'interpréter comme une linéation qui marque le déplacement de blocs de croûte océanique. Le mouvement qui résulte de l'expansion océanique se fait parallèlement à la transformante et perpendiculairement à la dorsale.

3.13. Description pétrographique.

- Roche 12 d. La roche est constituée d'une matrice calcaire à grain fin qui comporte des éléments anguleux de taille variable. Les plus gros éléments (> 2 mm), verts, plus ou moins finement cristallisés sont constitués de blocs issus de la croûte océanique et du manteau de péridotites transformées (serpentinites). Les blocs anguleux de plus petite taille ont la même composition. Il s'y ajoute des fragments de calcaire pélagique plus clairs à blancs. La roche a une origine sédimentaire. C'est une brèche sédimentaire polygénique (rudite) issue de la fracturation de la croûte océanique et de sa couverture de calcaires pélagiques dont les blocs ont été cimentés par une boue calcaire.

- Roches 12 e et f. Ces deux roches sont des calcaires constitués de tests de foraminifères plus ou

moins fragmentés (bioclastes) dans une matrice de cristaux coalescents de calcite correspondant à une boue carbonatée ou micrite. La classification de Dunham doit être utilisée.

Dans la roche 12 e, les éléments figurés (foraminifères) sont jointifs, à peu près tous de la même taille et ne présentent pas d'orientation préférentielle. Il s'agit donc d'un packstone.

Dans la roche 12 f, les éléments figurés (tests de foraminifères planctoniques) peuvent être distribués en deux classes de taille. Les tests les plus grossiers (taille voisine ou dépassant les 300 μm) coexistent avec des formes de très petite taille (inférieures à 50 μm). On peut noter que tous les tests sont orientés suivant des plans horizontaux correspondant à la stratification. Les éléments figurés sont majoritairement non jointifs, avec une proportion supérieure à 10% par rapport à la matrice micritique. La roche est donc un wackestone.

Remarque : Il est bien précisé dans la légende (Fig. 12 e et f), que ce qui est sombre correspond à de minuscules cristaux coalescents de calcite. Ce fond sombre est donc la phase de liaison, c'est-à-dire la micrite. De plus, tous les points "blancs", si petits soient-ils (notamment Fig. 12 f), sont des éléments figurés (petits foraminifères planctoniques). Ils ne constituent donc pas la matrice. Ainsi, la roche 12 f ne peut pas être appelée mudstone, en ne considérant que la faible proportion (inférieure à 10%) des gros foraminifères planctoniques.

3.14. On s'intéresse à la nature des failles liées à la dorsale et à la zone transformante. Pour la dorsale, on a une faille associée montrant un jeu normal, avec σ_1 vertical. Pour la zone transformante, la faille associée est décrochante, avec σ_1 horizontal orienté NE-SW.

3.15. Les mouvements relatifs des points A et B sont facilement déduits à partir des flèches noires de la figure 13. Pour le point A, on a de part et d'autre de la zone transformante, des mouvements opposés (demi-flèches antagonistes). Pour le point B, on a de part et d'autre de la zone transformante, des mouvements de même sens (demi-flèches vers la droite).

3.16. On procède au calcul de la vitesse moyenne de déplacement au niveau des points A et B. En A, on a : $5,2 + 5 = 10,2$ cm/an ; en B, on a : $5,2 - 5 = 0,2$ cm/an.

3.17. On demande de dessiner sur la coupe A-B, la localisation des formations hydrothermales et leur système d'alimentation. L'analyse de la carte (figure 11d) permet de constater que les formations hydrothermales (en vert) recouvrent l'ensemble des autres formations et des structures associées. Ainsi, les formations hydrothermales sont postérieures et discordantes sur tous les éléments géologiques (formations et structures). En ce qui concerne le dessin des formations hydrothermales, on tient compte du respect de la surface d'affleurement en fonction de la dilatation du profil en distance horizontale. Au contraire, on ne tient pas compte de l'épaisseur qui est exagérée afin de bien illustrer le caractère discordant. En ce qui concerne la racine de ce système hydrothermal, la zone d'alimentation principale se fait via la faille majeure située au Sud. On peut aussi envisager une alimentation via un réseau de fracturation multiple et diffus affectant l'ensemble des formations figurées (péridotites, serpentinites, brèches, calcaires pélagiques).

3.18. Les roches (a) et (c) ont été déformées le long de plans de glissement subhorizontaux à faiblement inclinés, en liaison avec l'expansion océanique. Les plans de faille subhorizontaux ont pu jouer dans la péridotite et dans la serpentinite. L'eau de mer a pu circuler le long de ces plans et transformer la péridotite en une roche hydratée, la serpentinite. Le plan souligné en rouge sur la figure 11d suit le contact entre les serpentinites et le socle composé de péridotites et de serpentinites massives. Au dessus de ce plan, on a des serpentinites mylonitisées, donc très tectonisées et affectées, comme l'indique la figure 12 c, de plans subhorizontaux. Dans une bonne partie de son tracé, le plan rouge suit les courbes de niveau : il est donc subhorizontal à faiblement incliné sauf dans les zones où il existe des failles N-S, NE-SW ou encore NW-SE qui affectent le socle et sa couverture. Les serpentinites suivent aussi ces plans de failles plus redressés. L'hydratation du manteau qui a donné des serpentinites a pu se faire aussi selon ces plans redressés. La ligne rouge correspond à un plan de faille subhorizontale, plan de décollement ou de glissement au sein du socle de péridotites. Ce plan majeur est à la base des serpentinites mylonitisées qui témoigne de la présence d'une zone de déformation, recouverte par des brèches sédimentaires (cf. Fig. 12d).

3.19. On établit la chronologie des différentes formations de la coupe A-B.

- Mise en place du socle ophiolitique à la dorsale : remontée du manteau, installation de chambres magmatiques qui vont donner les gabbros au sein des péridotites.
- Expansion océanique avec refroidissement de la croûte océanique et du manteau, fracturation, et éloignement de cette croûte océanique et du manteau à l'écart de la dorsale, selon un mouvement perpendiculaire à la dorsale. Il se développe des failles plates au sein des péridotites, mais aussi des failles normales (failles listriques dans certains cas) qui hachent la croûte océanique.
- A l'écart de la dorsale, pendant le glissement des blocs de péridotite et la fracturation de la croûte et du manteau, il y a serpentinisation de ces péridotites le long des plans de faille en même temps que le dépôt de calcaires pélagiques sur le plancher océanique. Les failles provoquent le débit du socle océanique en blocs anguleux de taille variable. Les calcaires pélagiques déposés sont aussi affectés par la tectonique : ils sont remaniés en éléments de petite taille dans la brèche sédimentaire à gros éléments de socle océanique agglomérés par un ciment calcaire (roche 12d).
- Le long des accidents plus ou moins inclinés, le refroidissement de la croûte mais aussi l'activité magmatique proche de la dorsale a déclenché un hydrothermalisme qui va engendrer des dépôts hydrothermaux alimentés par les fluides circulant le long des failles mais qui recoupent aussi le socle océanique, les serpentinites et la brèche sédimentaire. Les produits du système hydrothermal vont aussi venir en surface recouvrir les sédiments bréchiques.

4. LES GISEMENTS HYDROTHERMAUX OCEANIQUES

4.1. On cherche à expliquer l'évolution rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. La méthode est basée sur la désintégration de ^{87}Rb en ^{87}Sr . Depuis la fermeture du système : $^{87}\text{Sr}_t = ^{87}\text{Rb}_t (e^{\lambda t} - 1) + ^{87}\text{Sr}_0$
On a une équation à deux inconnues, t et $^{87}\text{Sr}_0$. Cette équation normalisée par ^{86}Sr , est stable et non radiogénique. L'équation devient : $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_t = (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_t \times (e^{\lambda t} - 1) + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$
 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ est identique pour les minéraux formés à partir d'un même magma (cogénétiques). La projection des rapports mesurés permet de définir une droite isochrone de pente $(e^{\lambda t} - 1)$ et d'ordonnée à l'origine $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$, ce qui permet de définir le rapport $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ initial et l'âge à partir de $(e^{\lambda t} - 1)$.

4.2. On veut expliquer les valeurs élevées de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les filons et les gabbros. La contamination des sédiments ou de la croûte continentale provoque l'augmentation du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les roches magmatiques de type MORB. Le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ devrait être constant pour un épisode magmatique donné, comme dans les MORB. L'augmentation du rapport est liée à une augmentation de ^{87}Sr , radiogénique qui provient de la contamination des roches par l'eau de mer. Il y a eu contamination des roches par un autre réservoir.

4.3. On construit la boucle de circulation de fluides hydrothermaux dans la croûte océanique. A faible profondeur, l'eau de mer, chargée en Na, Li, K, altère les basaltes à basse température (autour de 2°C, avec un pH de l'ordre de 7 à 8), en conditions oxydantes (précipitation d'hydroxydes de fer, de calcite, d'argiles). L'eau de mer percole dans la croûte océanique et se réchauffe ; on engendre un métamorphisme de type schistes verts, voire amphibolites localement. Les fluides magmatiques (mélange aussi avec eau de mer) sont chauds (350°C), acides (pH = 3,5) ; les conditions deviennent réductrices. En remontant, avec le refroidissement, ils vont donner des sulfures (H_2S + métaux de type Fe, Cu, Mn, Zn) dans les zones de précipitation.

4.4. Il y a plusieurs horizons où le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est élevé, ce qui signale le passage du contaminant, eau de mer, et aussi le passage éventuel des fluides minéralisant. La circulation des fluides est facilitée par la présence de discontinuités majeures. L'interface entre les filons et les laves est un plan majeur de discontinuité, séparant les filons subverticaux des laves présentant une attitude subhorizontale. C'est pourquoi les fluides minéralisant ascendants ont pu emprunter la paroi des filons verticaux pour monter, ils ont été plus ou moins bloqués à la base de la pile de lave et ont circulé de préférence le long de ce plan de contact filons/laves subhorizontal. Pour information, le modèle métallogénique des amas de sulfures polymétalliques nécessite (i) un fluide convecteur inépuisable, l'eau de mer, (ii) l'existence d'une perméabilité suffisante de la croûte assurée par la fracturation intense, (iii) l'existence d'un moteur thermique assurée par les différences de

température pendant de longues périodes de temps et déclenchant la convection hydrothermale dans la croûte.

4.5. On procède à une analyse de la présence de sites hydrothermaux par rapport au taux d'expansion océanique. Les dorsales lentes sont riches en sites hydrothermaux identifiés, au contraire des dorsales rapides qui semblent particulièrement pauvres en minéralisations hydrothermales. La qualité des études, la prospection, n'y est pour rien car on se rend compte que la proportion des dorsales bien étudiées est voisine dans les deux cas, et peut être même plus en faveur des dorsales rapides que lentes. Il n'y a pas de corrélation entre la longueur des segments de dorsale prospectés et le nombre de sites hydrothermaux trouvés. Dans les dorsales lentes, le nombre de sites hydrothermaux trouvés est important par rapport à la longueur des segments de dorsale prospectés. Dans les dorsales rapides, c'est l'inverse. Pour information, l'établissement d'un système hydrothermal n'est apparemment pas lié au volume d'accrétion magmatique, mais à l'installation d'un système pérenne de circulation d'eau de mer dans le socle océanique. La mise en place de ce système est facilitée par un faible déplacement de la croûte océanique par rapport à l'axe car il n'est pas rapidement détruit par l'expansion.

5. SYNTHÈSE

Les dorsales rapides sont plus riches en émissions magmatiques, en raison d'une expansion plus importante qui sollicite la remontée de l'asthénosphère. Ceci implique une plus grande fréquence de remontée de manteau chaud, un refroidissement moins important de la croûte à cause du flux thermique, l'installation de chambres magmatiques multiples. La fracturation serait cicatrisée par les émissions magmatiques et la croûte serait aussi plus vite écartée des zones sismiques par l'expansion. Donc, dans les dorsales rapides : un log océanique complet, souvent puissant avec basaltes, complexe filonien, puis en dessous, des gabbros plus ou moins lités qui surmontent le manteau. L'abondance des gabbros fait que le fractionnement des liquides dans les chambres magmatiques est important, expliquant en cela le caractère évolué des basaltes : basaltes et gabbros riches en fer, et produits différenciés acides. Dans les dorsales lentes, le log est souvent moins complet : la croûte océanique est plus réduite. Il y a des termes manquants tels les laves, le complexe filonien et/ou les gabbros. Les laves peuvent être en contact direct avec le manteau, ce qui indique des discontinuités originelles (plan de décollement) dans les émissions en profondeur et l'absence de continuité des chambres magmatiques. De même le complexe filonien absent, ou les laves absentes soulignent la rareté des émissions magmatiques. Il y a installation privilégiée de systèmes hydrothermaux à proximité de la dorsale.

Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99	1	0,07	1	0,07
1 à 1,99	4	0,27	5	0,33
2 à 2,99	6	0,40	11	0,73
3 à 3,99	12	0,80	23	1,53
4 à 4,99	25	1,66	48	3,19
5 à 5,99	50	3,32	98	6,51
6 à 6,99	106	7,04	204	13,55
7 à 7,99	127	8,43	331	21,98
8 à 8,99	156	10,36	487	32,34
9 à 9,99	219	14,54	706	46,88
10 à 10,99	229	15,21	935	62,08
11 à 11,99	201	13,35	1136	75,43
12 à 12,99	154	10,23	1290	85,66
13 à 13,99	96	6,37	1386	92,03
14 à 14,99	52	3,45	1438	95,48
15 à 15,99	33	2,19	1471	97,68
16 à 16,99	17	1,13	1488	98,80
17 à 17,99	12	0,80	1500	99,60
18 à 18,99	5	0,33	1505	99,93
19 à 19,99		0,00	1505	99,93
20	1	0,07	1506	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1506

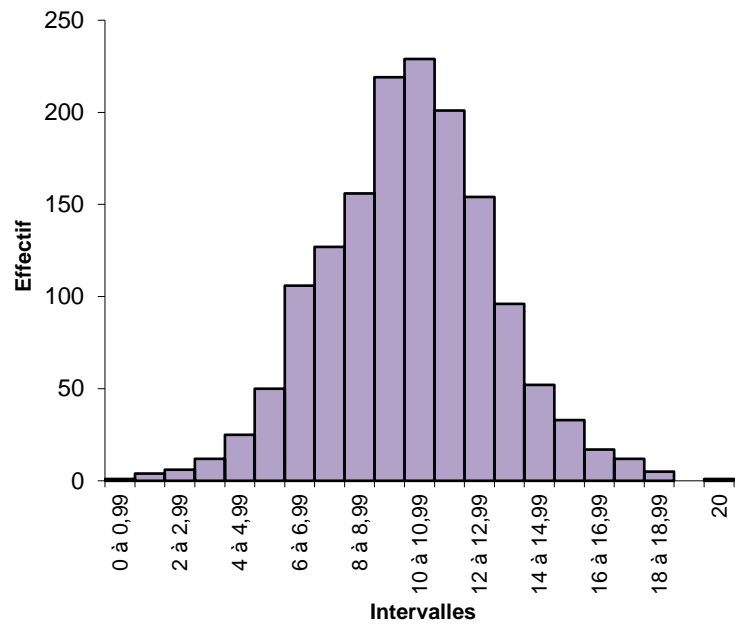
Minimum : 0,9

Maximum : 20

Moyenne : 10,16

Ecart type : 2,82

GÉOLOGIE ÉCRIT



Intervalles	Effectif	Pourcentage	Effectif cumulé	Pourcentage cumulé
0 à 0,99	1	0,07	1	0,07
1 à 1,99	5	0,33	6	0,40
2 à 2,99	3	0,20	9	0,60
3 à 3,99	17	1,13	26	1,72
4 à 4,99	30	1,99	56	3,71
5 à 5,99	67	4,44	123	8,16
6 à 6,99	67	4,44	190	12,60
7 à 7,99	146	9,68	336	22,28
8 à 8,99	144	9,55	480	31,83
9 à 9,99	203	13,46	683	45,29
10 à 10,99	168	11,14	851	56,43
11 à 11,99	170	11,27	1021	67,71
12 à 12,99	123	8,16	1144	75,86
13 à 13,99	126	8,36	1270	84,22
14 à 14,99	83	5,50	1353	89,72
15 à 15,99	62	4,11	1415	93,83
16 à 16,99	48	3,18	1463	97,02
17 à 17,99	28	1,86	1491	98,87
18 à 18,99	10	0,66	1501	99,54
19 à 19,99	2	0,13	1503	99,67
20	5	0,33	1508	100,00

Nombre de candidats dans la matière : 1508

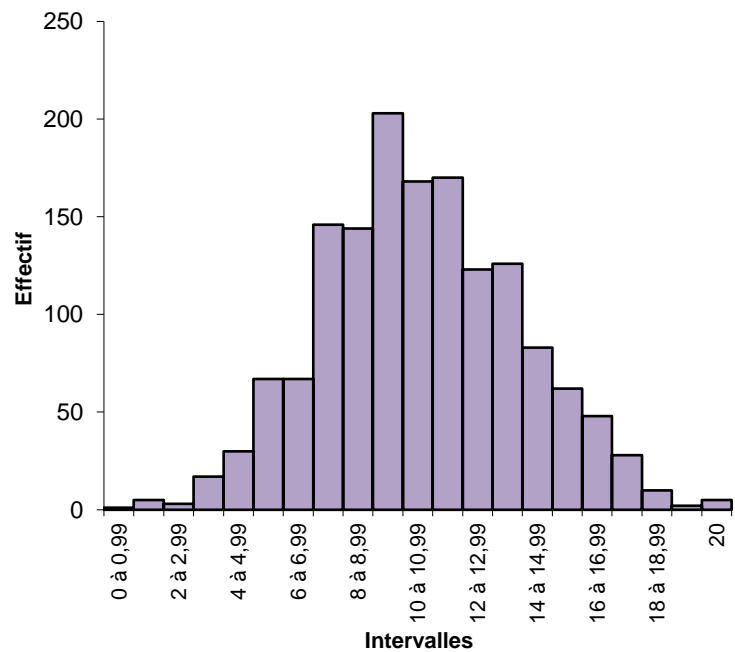
Minimum : 0,47

Maximum : 20

Moyenne : 10,56

Ecart type : 3,25

COMPOSITION FRANCAISE



ÉPREUVE DE FRANÇAIS

« **La tragédie des démocraties modernes est qu'elles n'ont pas réussi à réaliser la démocratie** ».

Jacques Maritain, *Christianisme et démocratie*, 1943, Desclée de Brouwer ; page 23

La citation de Jacques Maritain, extraite de son ouvrage *Christianisme et démocratie*, publié en 1943 au plus fort de la guerre et de l'engagement de Maritain dans la résistance française dresse un bilan très négatif des régimes démocratiques dans le monde moderne (ce que Tocqueville désigne sous le nom de « sociétés démocratiques » en opposition avec les « sociétés aristocratiques »). Elle fait écho aux propos de Rousseau : "Il n'a jamais existé de véritable démocratie... Un gouvernement si parfait ne convient pas à des hommes." Rousseau, *Le contrat social*, III, IV

« **Les démocraties modernes** » (au pluriel) : ceci renvoie donc aux sociétés qui ont pris naissance après la Révolution française et la fin de l'Ancien Régime.

Maritain oppose les régimes démocratiques modernes à la démocratie du monde antique et à l'idéal démocratique. Il fustige notamment les démocraties libérales qui « **n'ont pas réussi** », qui ont échoué dans la mise en œuvre de sociétés réellement démocratiques, à savoir la réalisation d'une société habitée par les valeurs authentiques de « **la démocratie** » (au singulier).

« **Réaliser la démocratie** », c'est donc accomplir ce que le monde attend des démocraties : fonder un ordre social juste qui articule droit et morale, ce à quoi les sociétés démocratiques depuis la Révolution française ont échoué. Il souligne donc le clivage qui sépare l'idéal démocratique classique des expériences mises en œuvre dans les sociétés démocratiques.

Selon Maritain cette dérive des régimes démocratiques a conduit à renoncer aux vraies valeurs de la démocratie et a conduit les sociétés modernes à leur perte, notamment à deux guerres effroyables. C'est cela qu'il désigne par « **la tragédie des démocraties modernes** », un double échec : idéologique et politique.

Selon Maritain, dont nous rappelons ici qu'il contribua après la guerre à rédiger à l'ONU la « Déclaration universelle des droits de l'homme », il est nécessaire de penser un ordre social et politique fondés sur la métaphysique. Ainsi, les règles morales ne sont pas extérieures aux lois de l'État. Elles garantissent la pérennité des sociétés démocratiques ; mais oubliées, elles conduisent les démocraties vers des dérives totalitaires. Maritain deviendra en cela le penseur de la démocratie chrétienne.

Mais si Rousseau considère la démocratie comme un horizon d'attente que l'homme ne peut jamais atteindre, en revanche Maritain défend l'idée d'une démocratie effective qui conjugue un idéal et une mise en œuvre politique. Malheureusement les démocraties modernes n'ont pas eu l'ambition de construire une société réellement démocratique ou tout du moins ne s'en sont-elles pas données les moyens.

Problématiques possibles :

Une démocratie en acte peut-elle se conformer à une démocratie idéale ?

On peut accepter aussi des problématiques sur la destinée de toutes les démocraties : sont-elles systématiquement et socialement promises à un affaiblissement, voire à un anéantissement, en raison même de tous les problèmes que développent nos trois auteurs ?

Il convenait donc de s'interroger dans le devoir (3 niveaux)

1 - sur la distinction opérée par Maritain entre les sociétés démocratiques réelles et la démocratie comme idéal (distinction entre la perspective politique et sociale et la perspective philosophique), distinction soulignée dans la citation par l'opposition pluriel/ singulier.

Quelles sont les valeurs de l'idéal démocratique ?

2 - Sur le clivage, la tension voire la distorsion entre les valeurs portées par l'idéal démocratique et leur mise en œuvre dans les sociétés démocratiques. Quelles en sont les causes, les formes, les conséquences ?

3 - Sur les enjeux et les moyens d'un combat pour faire triompher une démocratie incarnée. La démocratie est-elle une illusion ? Un projet utopique ? L'échec des démocraties est-il inéluctable ? En quoi cet échec est-il tragique ? L'Histoire doit-elle nous faire désespérer de la démocratie ? En quoi penser la démocratie contribue à sa réalisation effective ?

Analyse de la citation

"Le sujet était simple dans sa formulation et sa syntaxe. Il fallait donc particulièrement veiller aux termes employés : « tragédie » (oublié par la majorité des candidats !), « modernes », « réaliser » et évidemment la tension entre le pluriel et le singulier de démocratie ... Ainsi fallait-il vraiment s'interroger sur le sens de l'ensemble de l'énoncé et particulièrement sur les expressions « démocraties modernes » (« modernes « par rapport à ?) et « réaliser la démocratie » (« la » ?) sans négliger la notion théâtrale, dramatique, fatale, funeste, destinale, transcendante (etc.) de « tragédie". C'était fondamental pour bien traiter le sujet qui du coup s'est montré fort discriminant : les correcteurs ont pu ainsi nettement relever, avantager ou sanctionner les compositions qui prenaient le temps et le soin d'analyser les termes, le ou les sens de l'énoncé et de le/les reprendre au long de la dissertation.

Remarques sur le traitement du sujet par les candidats

En effet c'était une véritable discussion avec Maritain qui était attendue ! Beaucoup de candidats n'ont même pas tenu compte du titre de son ouvrage et de son année de publication qui figuraient pourtant dans le libellé et donnaient des pistes de réflexion précieuses. Ceux qui en revanche les ont observés ont été valorisés.

Ainsi le principal reproche qu'on pourrait faire aux compositions lues, c'est une certaine négligence, voire une désinvolture, vis-à-vis des termes du « sujet » qui n'ont pas été suffisamment pensés/ pesés.

Trop de copies portaient sur les qualités et les défauts des démocraties en général, sur les vertus et les vices des hommes, avec le risque d'un raisonnement trop superficiel.

Certaines copies se limitent à une accumulation d'exemples qui ne laisse aucune place à une argumentation sur le sujet.

Maintes copies ont ignoré totalement le terme tragédie qui présentait l'avantage de limiter l'opposition entre les démocraties et la démocratie et de donner un cadre précis au débat et d'échapper à la platitude de pseudos problématiques ; les candidats ont retenu " n'ont pas réussi " comme le constat d'un échec de la démocratie. Les copies qui ayant pris en compte la dimension tragique de cet échec ont évité l'ornière des exemples convenus, mettant en évidence violence, meurtre, rupture, imposture, perversion de la démocratie et trahison mensongère.

La précision des références aux textes et l'exactitude des exemples véritablement démonstratifs et intégrés à un effort de réflexion ont permis de valoriser les meilleures copies.

La densité de la réflexion exigée et les 3h30 imparties exigeaient un certain développement... Aussi avons-nous été surpris cette année d'être souvent en présence de copies trop courtes de 4, 5, 6 ou 7 pages seulement, alors qu'en approfondissant la pensée et en connaissant bien son programme, on pouvait s'attendre à des compositions de 8 pages ou davantage, ce qui a été rare. Certes les correcteurs jugent plutôt la qualité que la quantité, mais une certaine longueur avec des exemples détaillées, des citations commentées semblent indispensables.

Trop fréquemment le ton était allusif ; beaucoup de compositions privilégiaient Roth au détriment d'Aristophane ou de Tocqueville ; trop de devoirs se contentaient d'évocations plus ou moins floues... A l'inverse les candidats étant capables de faire de références précises et de les

équilibrer avec un respect scrupuleux et égalitaire des trois auteurs ont été valorisés. De même ont été avantagées les copies qui instaurent un dialogue explicite avec Maritain en reprenant régulièrement son nom et ses expressions sans les oublier une fois l'introduction rédigée, ce qui n'est pas admissible pour une dissertation digne de ce nom.

Ainsi avons-nous souvent en présence de problématiques toutes faites, comme rédigées à l'avance et pouvant servir à traiter n'importe quel sujet : grave défaut relevé par les correcteurs qui ne sont pas dupes.

Nous avons lu trop de plans simplistes, voire caricaturaux sur l'éventuelle et impossible compatibilité de la démocratie et de la nature humaine (!) ou sur la démocratie qui doit sans cesse évoluer, ce qui était loin d'être suffisant et satisfaisant par rapport au propos de Maritain. Beaucoup de compositions en venaient à se ressembler bizarrement avec des plans passe-partout dont nous éviterons la reproduction, ce qui avait pour principale conséquence de donner des devoirs flous sans véritable recherche d'illustration et de discussion de la pensée de Maritain.

Rappels sur les exigences du concours

En ce qui concerne **la langue, l'orthographe et la syntaxe**, même si certains solécismes perdurent (l'interrogation indirecte notamment) quelques progrès ont pu être agréablement constatés. En comparaison les candidats au français négligé et fautif ont dû être pénalisés... De même pour la présentation si importante pour la lisibilité des copies !

Nous rappelons que la qualité de la langue (notamment la maîtrise de l'orthographe) est primordiale.

Néanmoins le sujet a été porteur pour un bon nombre de candidats qui ont su le comprendre, en développer les principaux aspects et révéler une préparation sérieuse et **une bonne connaissance des œuvres citées et analysées** à bon escient, d'où des notes parfois très hautes pour valoriser ce qui était ressenti par les correcteurs comme un travail sérieux et une réflexion nourrie de connaissances et d'esprit critique.

Nous insistons sur l'exigence de citations précises et commentées.