

Concours de recrutement du second degré

Rapport du jury

Concours : CAPES externe et CAFEP-CAPES bac +3

Section : Physique-Chimie

Session 2026

Rapport de jury présenté par :

Yannick ALMÉRAS, Inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche, Président du jury

Sommaire

1	Introduction.....	5
2	Textes, éléments de référence et descriptif des épreuves	5
2.1	Références des textes officiels.....	5
2.2	Site <i>Devenir enseignant</i>	5
2.3	Arrêtés de nomination	6
2.4	Descriptif des épreuves	6
	Épreuves d'admissibilité.....	6
	Épreuves d'admission	7
3	Informations statistiques de la session 2026	8
3.1	Composition du jury	8
3.2	Postes mis aux concours, inscrits, présents aux épreuves d'admissibilité, admissibles et admis	8
3.3	Données sur les candidats en termes d'âge, de genre, de profil déclaré et d'académie d'origine	9
	Moyennes d'âge	9
	Répartition femmes-hommes	9
	Les profils déclarés	10
	Les académies d'origine	11
3.4	Statistiques sur les résultats généraux.....	13
	Les résultats généraux de l'admissibilité.....	13

Les résultats généraux de l'admission	13
3.5 Les résultats par épreuve	14
Les épreuves d'admissibilité	14
Les épreuves d'admission.....	17
4 Commentaires sur les sujets proposés lors des épreuves d'admissibilité	19
4.1 Première épreuve d'admissibilité.....	19
Commentaires généraux sur l'épreuve	19
Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure chimie	20
Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure physique	25
4.2 Seconde épreuve d'admissibilité	31
Commentaires généraux sur l'épreuve	31
Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure chimie	32
Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure physique	35
5 Commentaires sur les épreuves d'admission	39
5.1 Constats et conseils concernant la première épreuve d'admission	39
La description et les conditions générales de l'épreuve	39
Le principe de l'évaluation de l'épreuve et des attendus associés	40
La structure des sujets	41
La phase de préparation	41
L'épreuve.....	41
Constats et conseils aux candidats	42

5.2	Constats et conseils pour la seconde épreuve d'admission	47
	La description et les conditions générales de l'épreuve	47
	Concernant la première partie de l'épreuve d'entretien (15 minutes)	47
	Concernant la deuxième partie de l'épreuve d'entretien (20 minutes)	49
6	Exemples de sujets des épreuves d'admission	51
6.1	Sujet de la première épreuve d'admission pour la majeure chimie.....	51
	Problématique	51
	Documents utiles pour répondre à la problématique	51
	Manipulation 1 – Manipuler avec des gants.....	51
	Manipulation 2	52
	Manipulation 3	52
	Questionnement	52
6.2	Sujet de la première épreuve d'admission pour la majeure physique.....	52
	Problématique	52
	Documents utiles pour répondre à la problématique	53
	Construction de la lunette	53
	Comparaison avec la lunette de Galilée	54
6.3	Questions proposées à la seconde épreuve d'admission	56
	Question générale	56
	Question contextualisée	56

Introduction

Ce rapport vise à apporter une aide aux futurs candidats¹ dans leur préparation quant aux exigences des concours du CAPES externe et du CAFEP-CAPES bac +3 de la section physique-chimie. Les remarques et commentaires qu'il comporte sont issus de l'observation du déroulement de la session 2026 qui constituait leur première session. Ils doivent permettre aux futurs candidats de mieux appréhender les épreuves et de mieux cerner les objectifs et les attendus de ces concours.

Les futurs candidats doivent se reporter aux textes officiels concernant les concours de la session 2027 dont la publication peut être plus tardive que celle du présent rapport du jury des concours de la session 2026.

1 Textes, éléments de référence et descriptif des épreuves

1.1 Références des textes officiels

Le décret n° 2025-352 du 17 avril 2025 modifie les conditions de recrutement et de formation des corps enseignants, du personnel d'éducation et des maîtres de l'enseignement privé sous contrat du ministère chargé de l'éducation nationale :

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051490773>

L'arrêté du 17 avril 2025 fixe les modalités d'organisation du concours externe du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré :

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051491230>

L'arrêté du 24 octobre 2025 modifie certaines modalités d'organisation des concours pour le recrutement de personnels enseignants des premier et second degrés et de personnels d'éducation :

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000052467167>

Les programmes des concours externes bac +3 de recrutement d'enseignants du second degré de la session 2026 sont accessibles sur le site :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/les-programmes-des-concours-externes-bac3-de-recrutement-d-enseignants-du-second-degre-de-la-session-1402>

En particulier, celui des concours du CAPES externe et du CAFEP-CAPES bac +3 de la section physique-chimie sont détaillés dans le document suivant :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/16806/download>

1.2 Site *Devenir enseignant*

Une abondante documentation sur les concours de recrutement d'enseignants figure sur le site :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/le-recrutement-par-concours-1265>

Les informations à connaître pour passer les concours du CAPES se trouvent sur la page suivante :

¹ Ce rapport s'adresse aussi bien aux candidates qu'aux candidats mais, afin d'alléger l'écriture, la forme « candidat » en tant que genre non marqué est utilisée dans sa rédaction. D'autres termes du rapport sont écrits selon le même principe.

1.3 Arrêtés de nomination

Le président du jury des deux concours a été nommé par arrêté du 10 décembre 2025 publié dans le bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports du 8 janvier 2026 :

<https://www.education.gouv.fr/bo/2026/Hebdo2/MENH2536647A>

L'arrêté précisant la composition du jury de la session 2026 est consultable sur le lien :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/18871/download>

1.4 Descriptif des épreuves

Les concours du CAPES externe et du CAFEP-CAPES bac +3 de la section physique-chimie comportent deux épreuves écrites d'admissibilité et deux épreuves orales d'admission. Les candidats à ces concours choisissent au moment de l'inscription la discipline – physique ou chimie – qui fait l'objet de l'évaluation la plus approfondie. Cette discipline est qualifiée de majeure, l'autre étant qualifiée de mineure.

Épreuves d'admissibilité

Pour la session 2026, les épreuves d'admissibilité ont eu lieu les 16 et 17 mars 2026.

La première épreuve d'admissibilité

L'épreuve consiste en plusieurs exercices. Elle vise à évaluer les connaissances et compétences disciplinaires en physique et en chimie, notamment la capacité à mettre en œuvre une démarche scientifique. Elle est constituée de deux parties :

- une première partie portant sur la discipline majeure ;
- une deuxième partie portant sur la discipline mineure.

La durée de l'épreuve est de quatre heures et son coefficient est de 3. L'épreuve est notée sur 20. La première partie compte pour 14 points, la seconde pour 6 points.

Une note globale égale ou inférieure à 5 ou une note de zéro à l'une des deux parties est éliminatoire.

La seconde épreuve d'admissibilité

L'épreuve consiste à répondre d'une façon argumentée à un questionnement construit autour d'une problématique précisée dans le sujet, en s'appuyant sur un corpus de documents. Les questions abordées relèvent principalement du programme de la discipline majeure ; une minorité d'entre elles relèvent du programme de la discipline mineure. L'épreuve vise à évaluer l'aptitude du candidat à mobiliser des savoirs disciplinaires en exploitant des documents de nature diverse (résultats expérimentaux, graphiques, textes issus de la littérature scientifique ou de vulgarisation, pouvant relever de la culture scientifique ou de l'histoire des sciences).

La durée de l'épreuve est de trois heures et son coefficient est de 2. L'épreuve est notée sur 20.

Une note globale égale ou inférieure à 5 est éliminatoire.

Épreuves d'admission

Pour la session 2026, les épreuves d'admission ont eu lieu du 17 au 29 juin 2026 aux lycées Boucher de Perthes à Abbeville.

La première épreuve d'admission

L'épreuve consiste en un exposé suivi d'un échange avec le jury.

L'exposé permet de réaliser une présentation orale des résultats expérimentaux obtenus en préparation. Le travail réalisé en préparation s'appuie sur un énoncé qui définit une problématique relevant de la discipline majeure, et qui précise les protocoles expérimentaux à mettre en œuvre. Pendant son exposé, le candidat présente la démarche suivie et précise l'exploitation des résultats expérimentaux qu'il a obtenus en préparation. Le candidat est interrogé sur ses résultats et sur des notions connexes ; il peut être amené à reproduire un ou plusieurs gestes expérimentaux.

L'épreuve vise à apprécier les capacités expérimentales du candidat. Elle évalue également la capacité du candidat à faire un exposé clair et argumenté, à communiquer et à interagir avec le jury.

La durée de la préparation est de deux heures et celle de l'épreuve de cinquante minutes (exposé : vingt minutes ; échange : trente minutes). L'épreuve a pour coefficient 5 et est notée sur 20.

La note 0 est éliminatoire.

La seconde épreuve d'admission

La seconde épreuve d'admission consiste en un entretien avec le jury. Elle comporte un premier temps d'échange d'une durée de quinze minutes débutant par une présentation, d'une durée de cinq minutes, par le candidat de sa motivation et des éléments de son parcours et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au concours en valorisant notamment les enseignements suivis, les stages, l'engagement associatif ou les périodes de formation à l'étranger.

Cette présentation donne lieu à un échange avec le jury pendant dix minutes. L'épreuve se poursuit, pendant vingt minutes, par un entretien avec le jury.

L'échange suivant la présentation du candidat et l'entretien en tant que tel s'organisent, au travers de questionnements divers (dont une mise en situation), en deux temps, l'un porte sur l'appréhension des valeurs de la République, dont la laïcité, afin de vérifier la capacité du candidat à les transmettre et les incarner. L'autre porte sur l'aptitude du candidat à :

- a) se projeter dans le métier de professeur ;
- b) transmettre et incarner les exigences du service public (droits et obligations du fonctionnaire dont la neutralité, lutte contre les discriminations et stéréotypes, promotion de l'égalité, notamment entre les filles et les garçons) ;
- c) comprendre les grands enjeux liés à la transition écologique ;
- d) appréhender l'épanouissement de l'élève dans toutes ses dimensions.

La durée totale de l'épreuve est de trente-cinq minutes. Son coefficient est de 3 et elle est notée sur 20.

La note 0 est éliminatoire.

2 Informations statistiques de la session 2026

2.1 Composition du jury

	Femmes	Hommes	Total
IGÉSR	0	1	1
IA-IPR	7	7	14
Professeurs des universités	0	1	1
Maîtres de conférences	0	1	1
Professeurs de chaire supérieure	4	1	5
Professeurs agrégés	20	20	40
Professeurs certifiés	2	1	3
Personnels de direction	2	4	6
Personnels administratifs à compétences RH	1	2	3
Total	36	38	74

soit 49 % de femmes et 51 % d'hommes.

2.2 Postes mis aux concours, inscrits, présents aux épreuves d'admissibilité, admissibles et admis

Données globales

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Nombre de postes mis au concours	275	51
Nombre d'inscrits	1 080	225
Nombre de présents aux deux épreuves d'admissibilité [pourcentage des inscrits]	744 [69 %]	151 [67 %]
Nombre d'admissibles [pourcentage des présents aux deux épreuves d'admissibilité]	526 [71 %]	96 [64 %]
Nombre d'admissibles présents à l'oral ² [pourcentage des admissibles]	336 [64 %]	80 [83 %]
Nombre d'admis [pourcentage des admissibles présents à l'oral]	269 [80 %]	51 ³ [64 %]

² Les résultats d'autres concours enseignants auxquels participaient des candidats – comme ceux des CAPES externe et CAFEP-CAPES bac +5 – ont été publiés pendant la période des épreuves d'admission. Cela a conduit des admissibles à ne pas se présenter aux oraux des CAPES externe et CAFEP-CAPES bac +3.

³ Une liste complémentaire avec cinq candidats a été établie pour le CAFEP-CAPES. Les données statistiques du rapport ne comptent pas ces candidats parmi les admis à ce concours.

Détails selon chaque majeure, chimie ou physique

	CAPES externe		CAFEP-CAPES	
	Majeure chimie	Majeure physique	Majeure chimie	Majeure physique
Nombre d'inscrits	593	487	137	88
Nombre de présents aux deux épreuves d'admissibilité [pourcentage des inscrits]	445 [75 %]	299 [61 %]	94 [69 %]	57 [65 %]
Nombre d'admissibles [pourcentage des présents aux deux épreuves d'admissibilité]	310 [71 %]	216 [72 %]	63 [71 %]	33 [58 %]
Nombre d'admissibles présents à l'oral [pourcentage des admissibles]	189 [61 %]	147 [68 %]	56 [89 %]	24 [73 %]
Nombre d'admis [pourcentage des admissibles présents à l'oral]	152 [80 %]	117 [80 %]	35 [63 %]	16 [67 %]

2.3 Données sur les candidats en termes d'âge, de genre, de profil déclaré et d'académie d'origine

Moyennes d'âge

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Moyenne d'âge des présents aux deux épreuves d'admissibilité	25,8 ans	30,1 ans
Moyenne d'âge des admissibles	24,9 ans	28,0 ans
Moyenne d'âge des admis	24,2 ans	28,2 ans

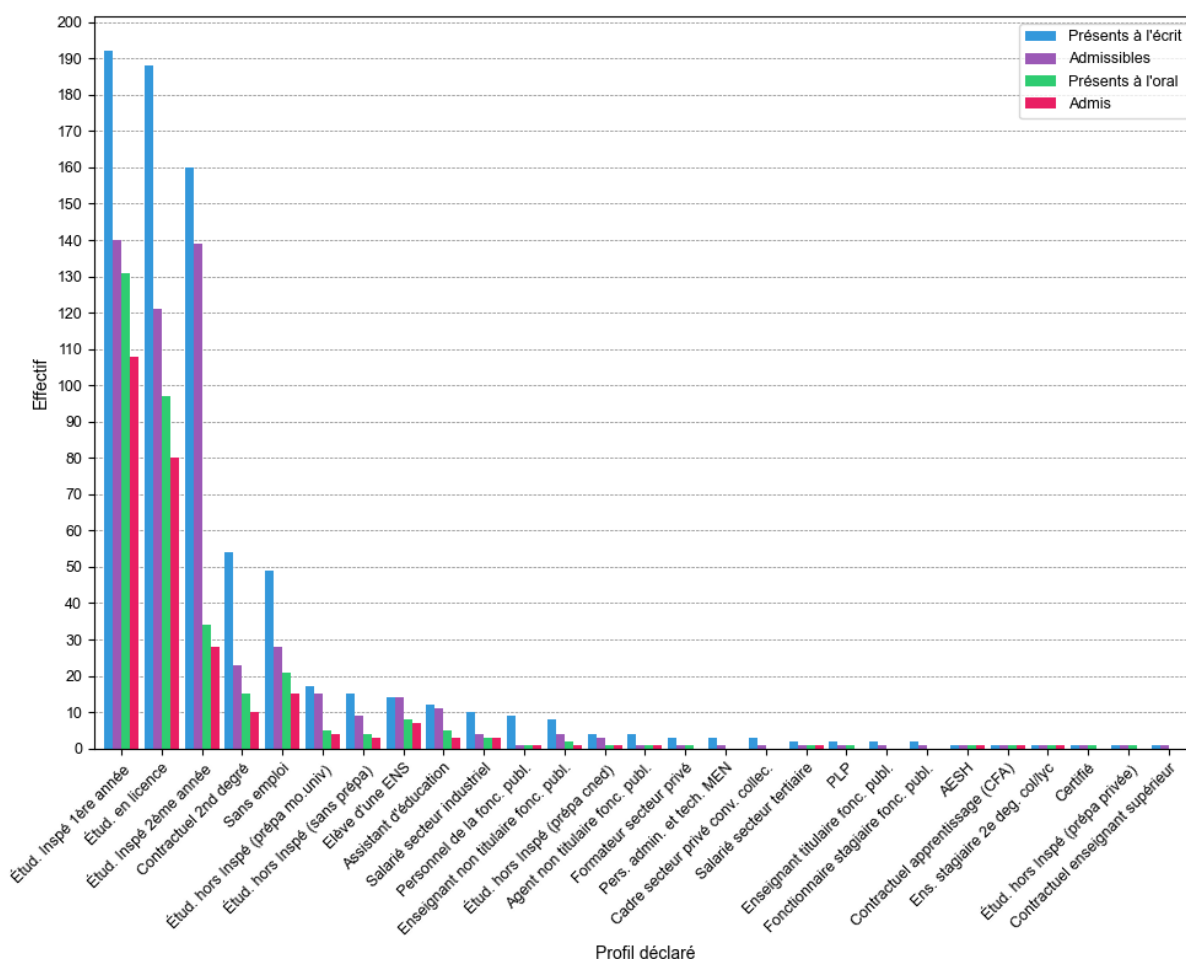
Répartition femmes-hommes

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Part des femmes parmi les présents aux deux épreuves d'admissibilité	38 %	40 %
Part des femmes parmi les admissibles	35 %	55 %
Part des femmes parmi les admis	33 %	41 %

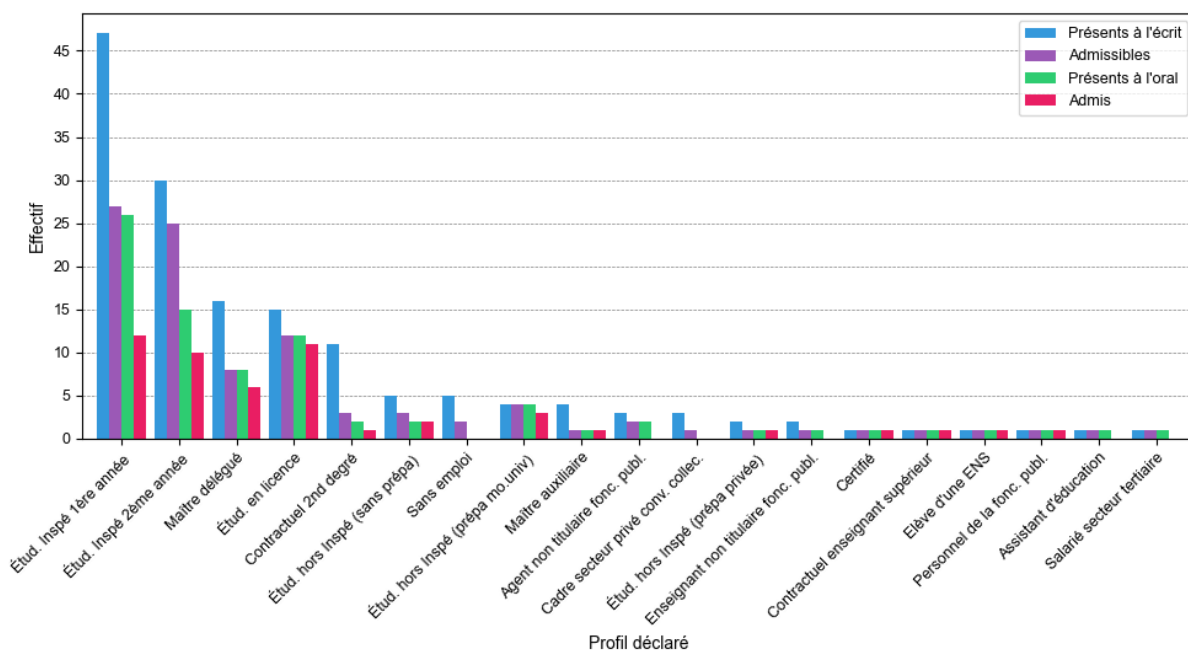
Les profils déclarés

Les deux graphiques suivants précisent, pour chacun des concours, les divers profils⁴ des candidats comportant des admissibles à la session 2026. Ces profils sont triés par nombre de présents à l'écrit décroissant.

CAPES externe



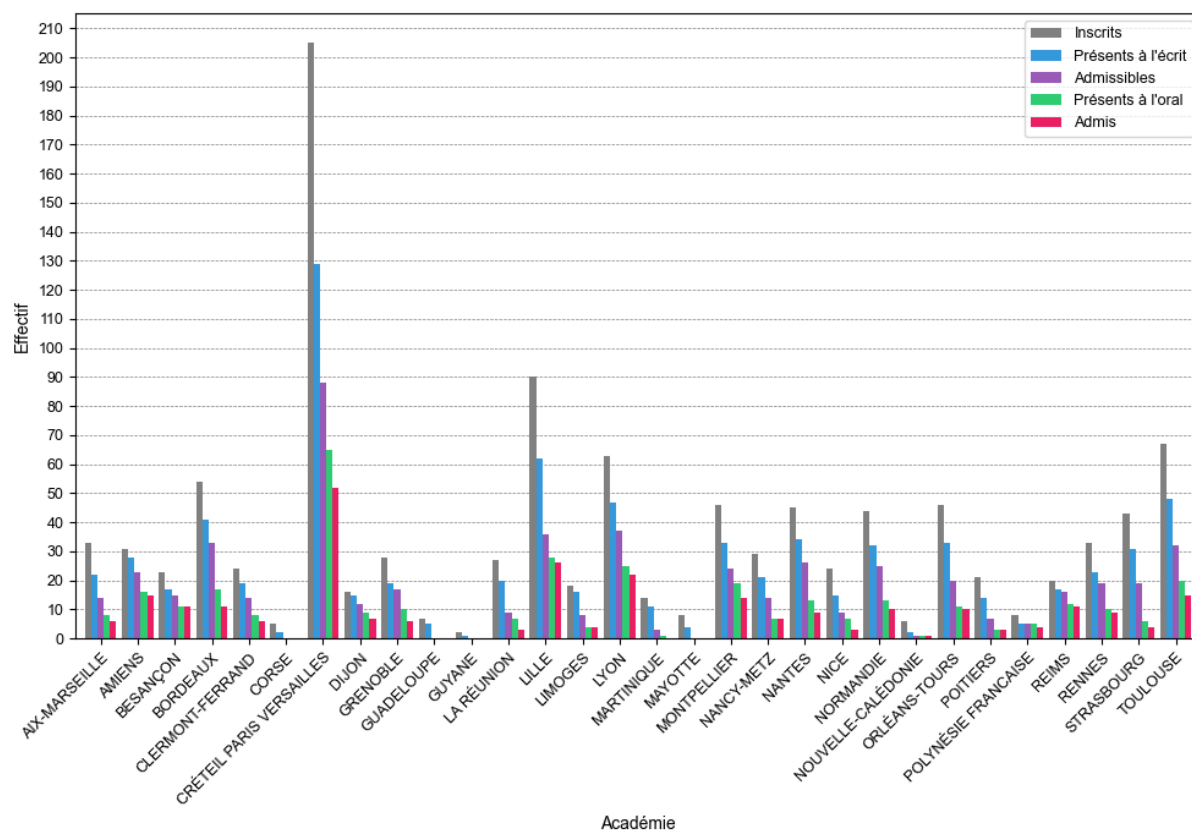
⁴ Il s'agit de profils déclarés par les candidats eux-mêmes lors de leur inscription.



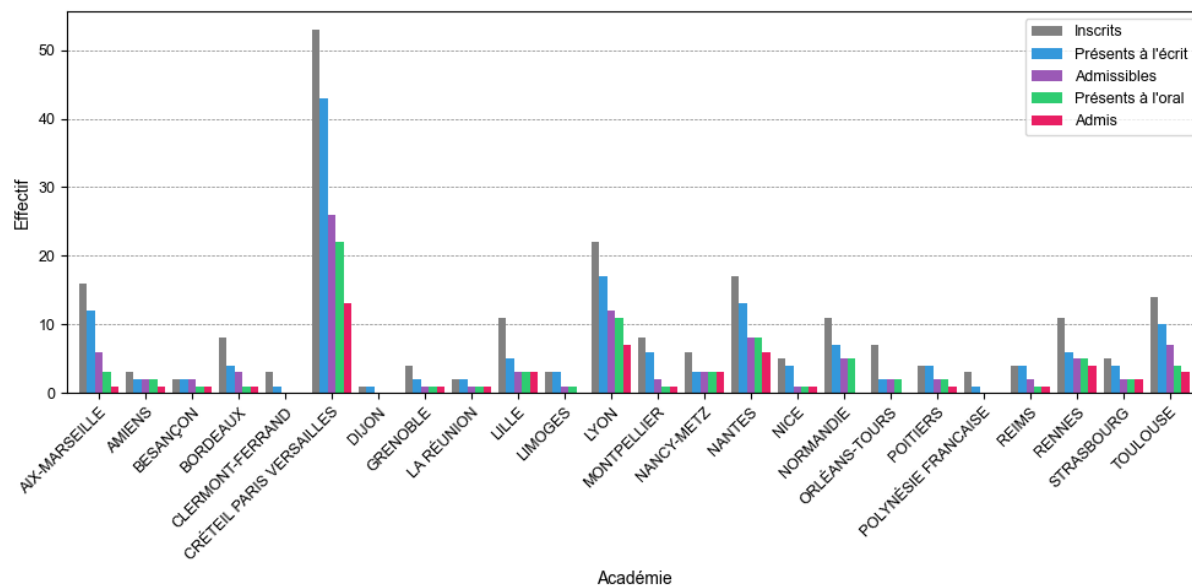
Les académies d'origine

Les deux graphiques suivants précisent, pour chacun des concours, les statistiques par académie en ne considérant que celles pour lesquelles des candidats étaient présents à l'écrit à la session 2026. Les académies sont triées par ordre alphabétique.

CAPES externe



CAFEP-CAPES



2.4 Statistiques sur les résultats généraux

Les résultats généraux de l'admissibilité

Données globales

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Moyenne des épreuves d'admissibilité pour les candidats ayant composé (/20)	10,86	10,27
Barre d'admissibilité (/20)	9,13	
Moyenne des épreuves d'admissibilité des candidats admissibles (/20)	12,80	12,68
Moyenne des épreuves d'admissibilité des candidats admis (/20)	12,85	13,40

Détails selon chaque majeure, chimie ou physique

	CAPES externe		CAFEP-CAPES	
	Majeure chimie	Majeure physique	Majeure chimie	Majeure physique
Moyenne des épreuves d'admissibilité pour les candidats ayant composé (/20)	10,87	10,85	10,14	10,49
Moyenne des épreuves d'admissibilité des candidats admissibles (/20)	12,86	12,72	12,51	12,99
Moyenne des épreuves d'admissibilité des candidats admis (/20)	12,86	12,85	13,58	13,02

Les résultats généraux de l'admission

Données globales

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Moyenne des épreuves d'admission des candidats présents à l'oral (/20)	12,03	11,53
Moyenne générale des candidats présents à l'oral (/20)	12,16	11,88
Barre d'admission (/20)	10,00	10,38
Barre de la liste complémentaire (/20)	-	10,12
Moyenne des épreuves orales des candidats admis (/20)	13,30	14,02
Moyenne générale des candidats admis (/20)	13,13	13,78

Détails selon chaque majeure, chimie ou physique

	CAPES externe		CAFEP-CAPES	
	Majeure chimie	Majeure physique	Majeure chimie	Majeure physique
Moyenne des épreuves d'admission des candidats présents à l'oral (/20)	12,09	11,94	11,26	12,16
Moyenne générale des candidats présents à l'oral (/20)	12,20	12,11	11,71	12,28
Moyenne des épreuves d'admission des candidats admis (/20)	13,28	13,32	13,82	14,47
Moyenne générale des candidats admis (/20)	13,12	13,14	13,73	13,91

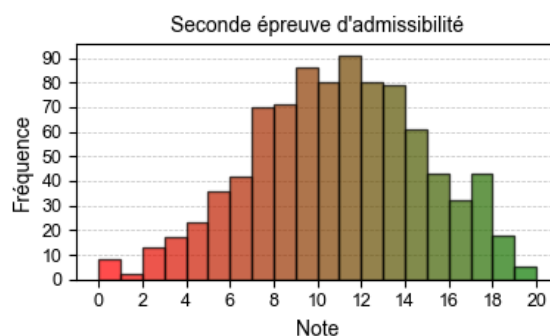
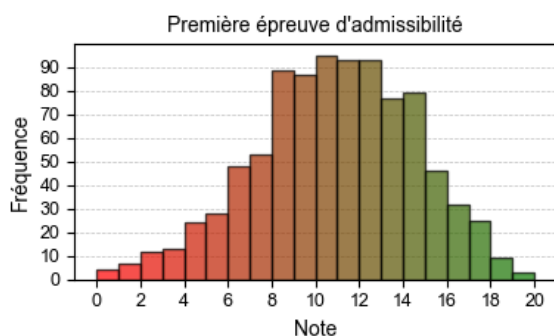
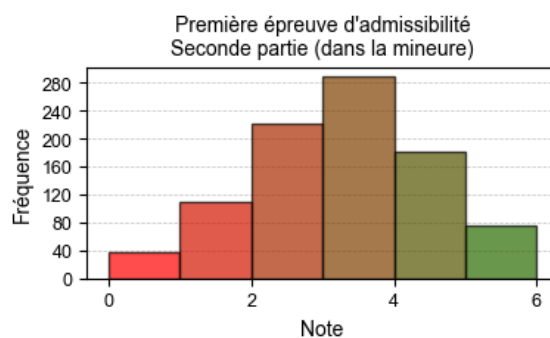
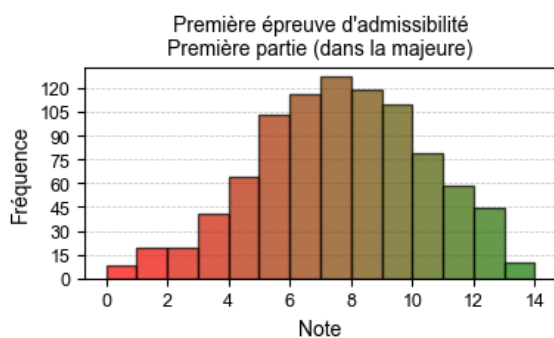
2.5 Les résultats par épreuve

Les épreuves d'admissibilité

Données globales

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Moyenne de la première partie (majeure) de la première épreuve d'admissibilité (/14) [écart type]	7,75 [2,71]	7,11 [2,88]
Moyenne de la seconde partie (mineure) de la première épreuve d'admissibilité (/6) [écart type]	3,25 [1,22]	3,14 [1,32]
Moyenne de la première épreuve d'admissibilité (/20) [écart type]	10,99 [3,57]	10,23 [3,86]
Moyenne de seconde épreuve d'admissibilité (/20) [écart type]	10,95 [3,89]	10,70 [4,04]

Les histogrammes suivants précisent les distributions des notes attribuées pour chacune des épreuves d'admissibilité sur l'ensemble des deux concours – CAPES externe et CAFEP-CAPES –, les premiers étant spécifiques à chaque partie de la première épreuve.

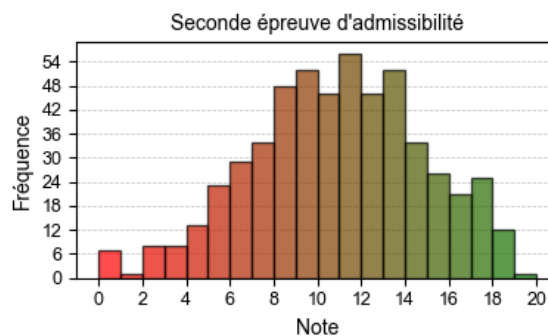
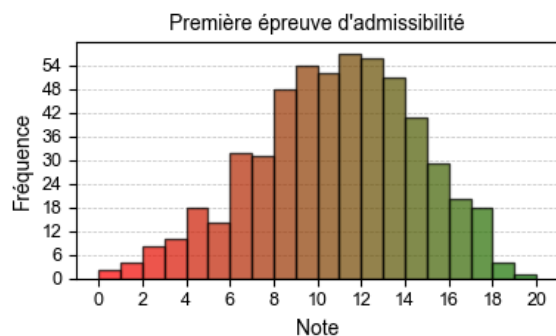
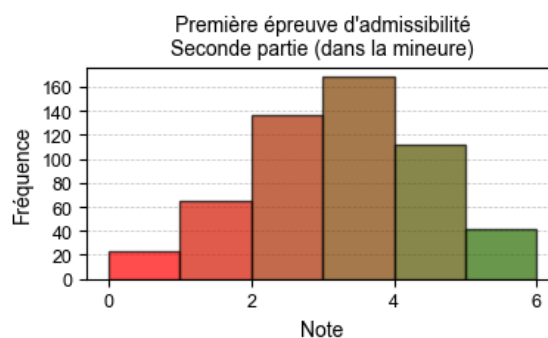
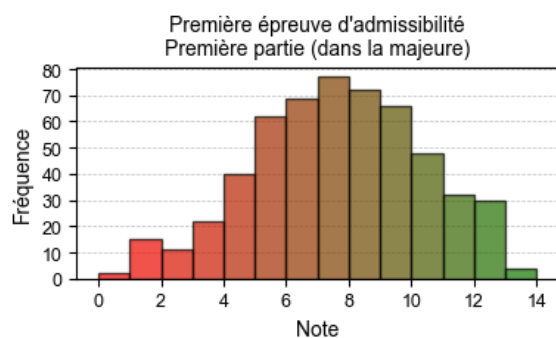


Détails selon chaque majeure, chimie ou physique

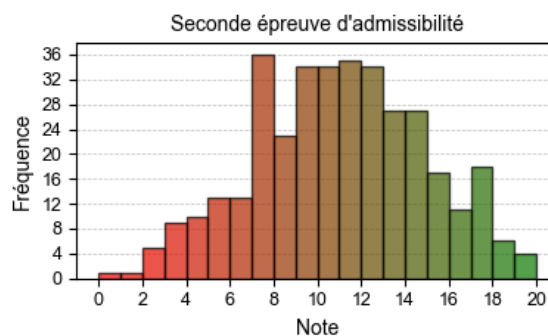
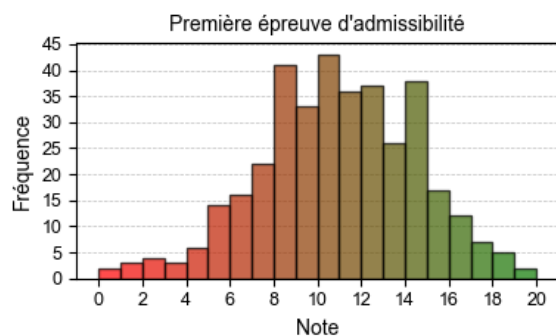
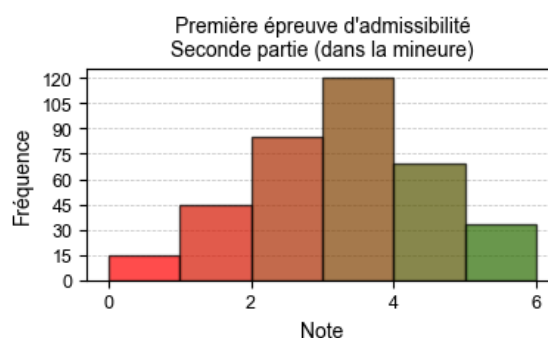
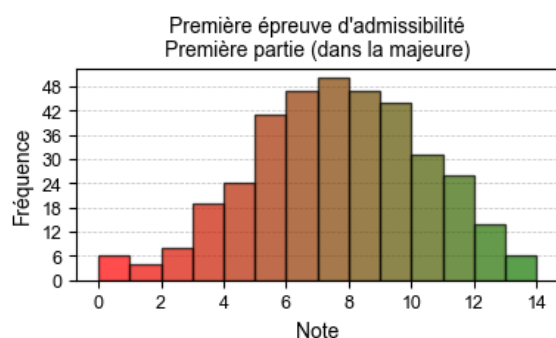
	CAPES externe		CAFEP-CAPES	
	Majeure chimie	Majeure physique	Majeure chimie	Majeure physique
Moyenne de la première partie (majeure) de la première épreuve d'admissibilité (/14) [écart type]	7,75 [2,69]	7,74 [2,75]	7,12 [2,85]	7,09 [2,93]
Moyenne de la seconde partie (mineure) de la première épreuve d'admissibilité (/6) [écart type]	3,24 [1,22]	3,27 [1,21]	3,04 [1,35]	3,31 [1,24]
Moyenne de la première épreuve d'admissibilité (/20) [écart type]	10,98 [3,61]	11,00 [3,50]	10,13 [3,96]	10,40 [3,70]
Moyenne de seconde épreuve d'admissibilité (/20) [écart type]	10,93 [3,92]	10,99 [3,84]	10,63 [3,98]	10,82 [4,12]

Les histogrammes suivants précisent les distributions des notes attribuées aux candidats – selon leur choix de majeure – pour chacune des épreuves d'admissibilité sur l'ensemble des deux concours, avec encore une fois des graphiques spécifiques à chaque partie de la première épreuve.

Candidats relevant de la majeure chimie



Candidats relevant de la majeure physique

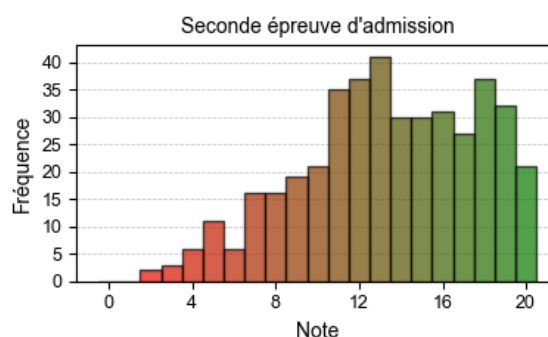
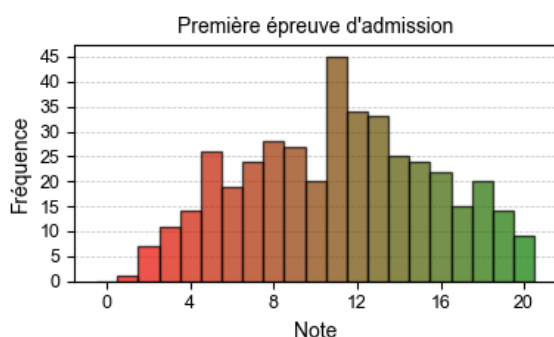


Les épreuves d'admission

Données globales

	CAPES externe	CAFEP-CAPES
Moyenne de la première épreuve d'admission (/20) [écart type]	11,13 [4,45]	10,88 [5,00]
Moyenne de la seconde épreuve d'admission (/20) [écart type]	13,55 [4,14]	12,63 [4,56]

Les histogrammes suivants précisent les distributions des notes attribuées pour chacune des épreuves d'admission sur l'ensemble des deux concours – CAPES externe et CAFEP-CAPES.

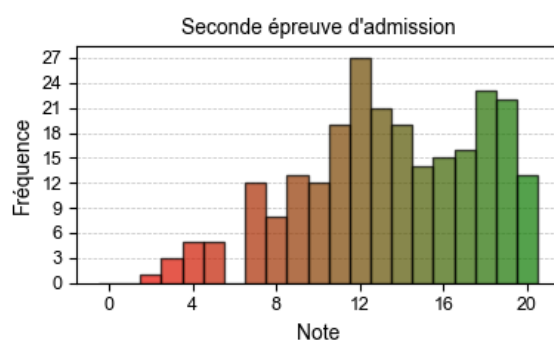
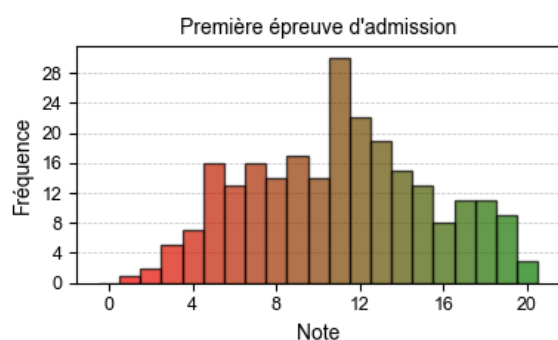


Détails selon chaque majeure, chimie ou physique

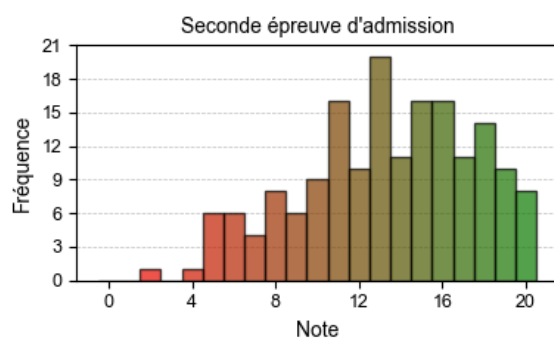
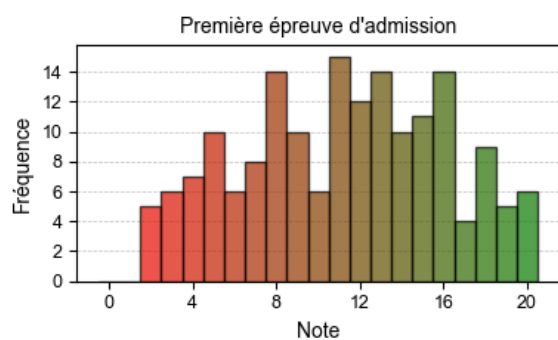
	CAPES externe		CAFEP-CAPES	
	Majeure chimie	Majeure physique	Majeure chimie	Majeure physique
Moyenne de la première épreuve d'admission (/20) [écart type]	11,15 [4,18]	11,11 [4,78]	10,53 [4,91]	11,70 [5,10]
Moyenne de la seconde épreuve d'admission (/20) [écart type]	13,69 [4,10]	13,37 [4,19]	12,48 [4,87]	12,96 [3,76]

Les histogrammes suivants précisent les distributions des notes attribuées aux candidats – selon leur choix de majeure – pour chacune des épreuves d'admission sur l'ensemble des deux concours.

Candidats relevant de la majeure chimie



Candidats relevant de la majeure physique



3 Commentaires sur les sujets proposés lors des épreuves d'admissibilité

Les sujets des épreuves d'admissibilité de la session 2026 sont consultables à partir des liens suivants :

- Première épreuve d'admissibilité :
<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/19755/download>
- Seconde épreuve d'admissibilité :
<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/19758/download>

Chaque sujet comporte un préambule donnant des consignes à respecter. **Le jury recommande aux futurs candidats sa bonne lecture et prise en compte.** En particulier, aucun point n'est attribué aux réponses relatives à un énoncé qui ne correspond pas à la majeure choisie à l'inscription.

Le jury regrette le nombre important de candidats éliminés (85) en raison :

- de l'obtention d'une note inférieure ou égale à 5 points sur 20 à au moins l'une des deux épreuves ;
- de l'attribution de la note zéro à l'une des parties (majeure ou mineure) de la première épreuve.

Ce type de situation peut être évité par une maîtrise suffisante des fondamentaux de la physique et de la chimie, ainsi que par une bonne gestion du temps de composition sur la première épreuve.

3.1 Première épreuve d'admissibilité

Commentaires généraux sur l'épreuve

Les énoncés – qui dépendent de la majeure choisie par le candidat lors de son inscription – sont constitués de divers questionnements abordables de manière indépendante et relatifs à une multiplicité de domaines de la physique-chimie. Ils permettent ainsi au candidat de valoriser ses qualités sans être « disqualifié » dans le cas d'un éventuel point faible. Dans chaque sous-partie, les questions sont progressives en termes de difficulté.

Le jury évalue, au travers de l'épreuve, la bonne maîtrise des connaissances et compétences disciplinaires, ainsi que de celles associées à la communication écrite. Au regard des productions observées sur cette première session du concours, il est recommandé aux futurs candidats de porter une attention particulière aux points généraux suivants pour leur préparation de cette épreuve.

Sur le fond disciplinaire :

- les notions de l'enseignement secondaire doivent être bien maîtrisées : elles constituent un socle important pour aborder sereinement l'épreuve ;
- les capacités et compétences essentielles de la discipline, nécessaires pour un futur enseignant de physique-chimie, doivent être l'objet d'une attention particulière : il faut être capable de vérifier l'homogénéité d'une formule, de choisir de façon cohérente le nombre de chiffres significatifs pour une application numérique, de manipuler les objets mathématiques (fonctions, vecteurs, etc.) avec rigueur, etc.
- la rigueur s'applique aussi au langage scientifique utilisé, formules comprises. Par exemple, pour ce qui est de la chimie, les états physiques des différents constituants doivent être précisés en thermodynamique comme en chimie des solutions. Les activités doivent être explicitées précisément dans le cas d'un soluté en n'omettant pas la concentration standard c° ou, dans le cas

d'un gaz, la pression standard p° . Les flèches des mécanismes de chimie organique doivent être précises et partir obligatoirement d'un doublet (liant ou non liant) ; plus généralement, le choix du type de flèches séparant les réactifs et les produits dans les différents cas (équation bilan, demi-équations aux électrodes, etc.) doit être réfléchi⁵ ;

- le jury apprécie que les réponses soient scientifiquement justifiées (éventuellement de manière sommaire si la justification précise n'est pas demandée explicitement). Les hypothèses, approximations, lois ou encore théorèmes utilisés sont à expliciter. Les étapes du raisonnement doivent être apparentes.

Sur la forme :

- la langue française, dont l'orthographe et la grammaire, doit être de qualité suffisante. Une bonne terminologie est à utiliser. Par exemple, il convient d'éviter de dire « **nous** avons en solution » ou « **notre** réaction » ;
- une rédaction claire et précise est attendue : les abréviations excessives ou les notations ambiguës ou même non définies rendent le discours difficile à suivre et sont à éviter. Une rédaction se limitant à une succession d'équations sans lien logique ni explication n'est pas adaptée (à la fois pour une question de forme et de fond) ;
- les schémas – correctement légendés – peuvent illustrer à profit le propos ;
- la présentation doit être soignée. Les copies bien structurées, avec une écriture lisible, des résultats mis en valeur (par encadrement par exemple), une numérotation claire des questions et une pagination rigoureuse facilitent la correction et sont appréciées. Cela permet également au candidat de mieux se retrouver dans sa copie et d'utiliser plus facilement les résultats des questions précédentes pour progresser au sein d'une même sous-partie.

Finalement, le jury souligne que les copies qui allient rigueur scientifique et soin dans la présentation sont celles qui se distinguent. Ces qualités sont des atouts majeurs pour la réussite de l'épreuve et pour l'exercice futur du métier d'enseignant de physique-chimie.

Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure chimie

Sujet de chimie – Le bismuth

Le sujet s'articule autour de l'élément Bismuth et comporte cinq parties largement indépendantes.

La première partie concerne la radioactivité du bismuth et la cinétique de sa désintégration.

La deuxième partie porte sur l'obtention du bismuth comme sous-produit de l'industrie du plomb. L'électrolyse du plomb impur contenant du bismuth est ainsi étudiée. On fait ici appel à l'oxydo-réduction en phase aqueuse. Puis on s'intéresse à la métallurgie par voie sèche pour l'obtention de bismuth pur à partir de l'oxyde de bismuth.

Deux applications du bismuth comme catalyseur en chimie organique sont ensuite proposées : dans la partie C, une utilisation du bismuth au degré d'oxydation 0, puis dans la partie D au degré d'oxydation (III). L'aspect stéréochimique est étudié dans cette partie.

⁵ Xavier Bataille, Marie-Blanche Mauhourat et Michel Vigneron (2015). Du « bon usage » de la flèche comme symbole de la transformation chimique. *L'actualité chimique*, n° 399, 44-49. https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2015-399-aout-sept.-p44-bataille_hd.pdf

Finalement, la partie E présente une utilisation en pharmacologie avec un dosage de l'espèce Bi(III) par complexation dans le sous-salicylate de bismuth.

Dans l'ensemble, les candidats ont abordé toutes les parties du sujet. Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie A Q1 à Q5	Partie B Q6 à Q11	Partie B Q12 à Q16	Partie C Q17 à Q23	Partie D Q24 à Q31	Partie E Q32 à Q36
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	99 %	99 %	97 %	98 %	97 %	90 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	57 %	35 %	30 %	35 %	27 %	29 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

A – Radioactivité du bismuth 209

Cinétique

Q1 – La question est en général bien traitée.

Q2 – C'est un noyau d'Hélium qui est émis et non un atome. La désintégration ne peut être écrite avec une double flèche (ou un signe égal) et nécessite d'utiliser une flèche simple.

Q3 – Il faut veiller au soin apporté à la présentation : le thallium Tl se transforme en titane Ti dans un certain nombre de copies.

Q4 – Une phrase de justification est attendue afin d'indiquer que la désintégration radioactive suit une loi d'ordre 1, même si le calcul complet n'est ici pas exigé.

Q5 – Il est important d'être rigoureux dans la définition : il ne suffit pas de parler de moitié (par exemple, ce n'est pas le temps au bout duquel la moitié d'UN noyau s'est désintégré). La simple constatation d'un « temps très long » pour le temps de demi-vie ne suffit pas à justifier la date récente de la découverte. Il faut comparer ce temps à l'âge de la terre par exemple.

B – Obtention du bismuth/métallurgie du bismuth

Oxydo-réduction ; électrolyse ; thermodynamique ; métallurgie ; enthalpie standard de réaction ; entropie standard de réaction ; enthalpie libre de réaction ; influence de la température

Q6 – Il faut recopier correctement l'ion SiF_6^{2-} qui se transforme, dans certaines copies, en SiFe^{2-} .

Q7 – La formule de Nernst est en général connue, mais il faut apporter plus de soin à l'écriture de l'activité des espèces oxydantes et réductrices. L'activité de l'oxydant (soluté) est ici égale à $\frac{[\text{Pb}^{2+}]}{c^\circ}$. Il n'est pas possible de noter l'activité d'un solide entre crochets : la notation $[\text{Pb(s)}]$ n'a donc pas de sens.

Q8 – Le principe de l'identification de l'oxydant le plus fort et du réducteur le plus fort est bien compris et présenté avec l'échelle des potentiels. Cependant, il doit être appliqué en ne considérant que les espèces effectivement présentes en solution. La réponse à la question Q6 montre que la solution ne contient pas d'ions $\text{Bi}^{3+}(\text{aq})$ qui ne peut donc être l'oxydant le plus fort. Le premier réflexe doit être de lister les espèces réellement en solution. De plus, il y a des confusions entre « le réducteur le plus fort » et « l'espèce qui est réduite ».

Q9 – Le jury déplore que de très nombreuses copies ne proposent pas de générateur dans le schéma de l'électrolyseur. La circulation des ions en solution est rarement abordée. Les seuls porteurs de charge sont les ions en solution et nullement les électrons qui circulent dans le conducteur électronique.

Q10 – Cette question découle de l'analyse de la réaction de fonctionnement de l'électrolyseur. L'anode ne subit pas un simple passage en solution, mais une oxydation pour former une espèce qui est soluble ($\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$). On ne peut se contenter d'indiquer « l'anode se solubilise ».

Q11 – Le principe de cette question (qui relève de capacités de niveau terminale) est bien compris par les candidats qui l'ont abordée (une part d'environ 43 % des candidats ne l'a pas abordée). Cependant, la qualité de la rédaction est variable. Le jury apprécie de pouvoir comprendre le raisonnement et une conclusion finale est attendue pour répondre à la question posée. L'intervention de la surface est souvent omise ou mal employée.

Q12 – L'énoncé indique « dans les conditions de température du four à coupellation » afin de prendre en compte le fait que le bismuth est liquide à 1000 °C. Il faut bien respecter l'indication de l'énoncé pour le nombre stœchiométrique de l'oxyde de bismuth.

Q13 – Cette question est très mal traitée et nécessite la mention de « corps purs simples » dans leur « état standard de référence » à la température choisie. Il s'agit d'une définition.

Q14 – Ces calculs sont bien menés en général. Il y a cependant des confusions entre la variation d'enthalpie standard, notée ΔH° , et l'enthalpie standard de réaction, notée $\Delta_r H^\circ$, ainsi que pour les unités associées.

Q15 – Cette question porte sur l'enthalpie libre de réaction $\Delta_r G$ et non simplement sur l'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G^\circ$. Trop de candidats semblent ne pas faire la distinction entre ces deux grandeurs.

Q16 – Cette question qui porte sur l'influence de la température sur la position de l'équilibre a été mal comprise par les candidats : le jury attend une analyse de l'effet de la température sur la thermodynamique de la réaction avec la loi de Van't Hoff et une analyse de l'effet de la température sur la cinétique de la réaction avec la loi d'Arrhenius.

C – Utilisation du bismuth (0) en chimie organique

Élimination ; tosylate ; nombre d'oxydation

Q17 – La question porte sur la grandeur à laquelle fait référence (-) : on attend donc la grandeur qu'est le pouvoir rotatoire et non le caractère lévogyre.

Q18 – Cette question est bien traitée, même s'il manque parfois la justification des ordres de priorité des carbones 2 et 6.

Q19 – Le jury est attentif au soin apporté à l'écriture des flèches du mécanisme qui doivent partir d'un doublet (et non de la charge négative). L'encombrement du réactif ne peut ici justifier la régiosélectivité observée (au contraire). Seule la nature bimoléculaire (E2) de la réaction peut expliquer la régiosélectivité.

Q20 – Le tosylate est souvent bien caractérisé comme un bon nucléofuge, mais il faut en plus le justifier en écrivant au moins une de ses formules mésomères pour montrer sa stabilité.

Q21 – Cette question est en général bien traitée lorsqu'elle est abordée (cas de 59 % des candidats).

Q22 – Le calcul du nombre d'oxydation est très mal mené. Néanmoins, la conclusion d'une oxydation pour une variation de nombre d'oxydation positive est bien indiquée.

Q23 – Les pictogrammes et EPI sont en général bien connus.

D – Utilisation du bismuth (III) en chimie organique

Configuration électronique ; électron de valence ; addition nucléophile ; élimination ; estérification ; ex-cès diastéréoisomérique ; Diels-Alder

Q24 – La question porte sur la structure électronique de valence uniquement : il ne faut pas se contenter de la structure électronique complète de l'atome à l'état fondamental et il convient précisément d'identifier les électrons de valence. Il y a une confusion récurrente entre les termes « couche » et « sous-couche ». Les trois électrons doivent être arrachés pour obtenir l'ion au degré d'oxydation +III. Certains candidats cherchent à ajouter des électrons pour atteindre la structure du gaz noble qui le suit, ce qui ne correspond pas du tout à l'espèce envisagée.

Q25 – La définition d'un acide de Lewis n'est pas connue de la plupart des candidats qui le confondent avec un acide de Brønsted (ou pire avec une espèce « capable de capter des électrons »).

Q26 – La formation d'un ester est modélisée par une réaction d'addition nucléophile suivie de départ du nucléofuge – ici le chlorure – et non une substitution nucléophile. On ne peut pas gagner de temps en écrivant « en une fois » les deux étapes d'addition nucléophile et d'élimination qui doivent être bien dissociées. On ne peut pas non plus gagner de temps en écrivant le mécanisme simultanément des deux côtés, le dianion étant peu stable. La pyridine a pour rôle d'arracher le H acide lors de l'étape finale, mais qui n'est pas une base assez forte pour arracher le H de l'alcool de départ.

Q27 – Cette question est bien traitée lorsqu'elle est abordée.

Q28 – Cette question est bien traitée lorsqu'elle est abordée.

Q29 – La recopie des tables ne tient pas lieu d'attribution des signaux. Il faut identifier les noyaux concernés sur la molécule étudiée. La discussion sur la multiplicité doit clairement indiquer les voisins qui sont à l'origine du couplage. Cette justification n'est pas bien présentée dans la plupart des copies.

Q30 – Cette question est bien traitée quand elle est abordée (cas de 52 % des copies). C'est le carboxylate qui est obtenu – et non l'acide carboxylique – pour une saponification en milieu basique.

Q31 – L'utilisation d'un inducteur chiral est rarement mentionnée. Cette question est peu abordée dans l'ensemble (37 % des copies).

E – Utilisation en pharmacologie

Dosage ; complexation ; acidité ; spectre ; écart normalisé

Q32 – La « formule magique $\text{pH} = -\log C$ » n'a de sens que si l'on précise à quelle grandeur correspond C et que le lien avec la concentration en acide nitrique est clairement établi (dont la dilution). Il convient d'être rigoureux en écrivant $\text{pH} = -\log(C/c^\circ)$. Le calcul du pH est souvent bien mené et justifié.

Q33 – Le tracé du diagramme et son exploitation sont bien menés.

Q34 – Le caractère de ligand de l'EDTA n'est pas toujours vu par les candidats qui proposent alors une réaction de dosage acido-basique. De plus, lors de la réaction de complexation entre l'EDTA et l'ion Bi(III), la question précédente invite à bien choisir l'espèce majoritaire H_4Y dans l'équation bilan, ce que peu de candidats identifient.

Q35 – L'analyse des espèces aux différents instants du dosage est nécessaire à la détermination et la justification du changement de couleur lors du dosage. La donnée de la couleur liée au maximum d'absorption en longueur d'onde fourni est en général bien exploitée.

Q36 – L'exploitation du dosage est en général bien menée avec des résultats bien présentés. Le jury attend un calcul d'écart normalisé, rarement rencontré dans les copies. Il ne faut pas hésiter à

schématiser le dosage car cela peut aider à répondre aux différentes questions en identifiant bien les espèces chimiques aux différents instants du dosage.

Sujet de physique – Histoire de la première mesure de la célérité de la lumière dans le vide : Ole Rømer et les éclipses de Io

Le sujet concerne la mesure de la célérité de la lumière dans le vide qui s'appuie sur la période des éclipses de Io, satellite de Jupiter. Il comporte trois parties.

La première partie s'intéresse au système Jupiter-Io afin d'établir la troisième loi de Kepler. La deuxième partie porte sur l'étude du système Soleil-Terre-Jupiter. Enfin, la troisième partie est consacrée au principe de la mesure de Rømer.

Le jury félicite les candidats qui ont globalement bien traité la première partie du sujet. Néanmoins, le principe de la mesure par l'étude de la variation des périodes des éclipses du satellite Io n'a généralement pas été bien compris.

Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie A Q1 à Q7	Partie B Q8 et Q9	Partie B Q10 à Q17
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	97 %	91 %	74 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	43 %	25 %	14 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

A – Le système Jupiter-Io

Repère Frenet ; loi de Kepler ; principe fondamentale de la dynamique

Q1, Q2 – Le jury est attentif à la rigueur vectorielle des expressions proposées. L'expression de la vitesse comme la dérivée du vecteur position ne répond pas à la question posée.

Q3 – Le newton ne fait pas partie du système d'unités de base du système international et doit donc être exprimé en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (en s'appuyant par exemple sur le principe fondamental de la dynamique).

Q4 – La définition du système et celle du référentiel sont indispensables (même s'il est indiqué dans l'énoncé) et il convient d'expliciter la loi physique appliquée. Une approche consiste à décomposer la réponse en deux temps : la justification de la vitesse constante en utilisant la projection sur $\vec{u}_T$ de la loi fondamentale de la dynamique, puis le calcul proprement dit en utilisant la projection sur $\vec{u}_N$.

Q5 – Cette question est bien traitée lorsqu'elle est abordée.

Q6 – La loi des aires, quelques fois citée, ne correspond pas à la troisième loi de Kepler attendue ici.

Q7 – Un nombre de chiffres significatifs cohérent est attendu pour l'application numérique.

B – Le système Soleil-Terre-Jupiter

Q8 – Cette question nécessite de positionner la Terre, Jupiter et Io à l'instant initial afin de préciser les positions relatives aux temps T_T et Δt demandés.

Q9 – Peu de démonstrations sont rencontrées dans les copies. Les candidats se contentent de réaliser l'application numérique, laquelle nécessite, là encore, un nombre de chiffres significatifs cohérent.

C – Le principe de la mesure de Rømer

Q10 – Cette question ouverte nécessite, plus qu'une paraphrase de l'énoncé, de mettre en évidence la distance parcourue par la lumière à différentes positions de la Terre.

Q11 – Cette question n'est que très peu abordée.

Q12 – On attend une référence claire à la durée d'une année synodique et le calcul explicite de 225 orbites de Io autour de Jupiter qui correspond à cette durée.

Q13 – Si la position des points est souvent correcte, peu de justifications sont proposées pour les points C et O pour identifier les points particuliers où il n'y a pas de décalage de période apparente.

Q14 – De même, le point A correspondant au décalage maximal de période doit être précisément positionné pour une trajectoire tangente à l'orbite de la Terre autour du Soleil.

Q15, Q16 – Ces questions sont très peu abordées.

Q17 – L'effet Doppler est connu des candidats et les exemples sont souvent bien présentés.

Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure physique

Sujet de physique – Une histoire de la mesure de la célérité de la lumière dans le vide

Le sujet s'intéresse à la mesure de la célérité de la lumière dans le vide avec plusieurs approches historiques. Il est constitué de trois parties indépendantes.

La partie A porte sur une approche, réalisée par Rosa & Dorsey en 1907, utilisant un circuit LC . Elle est constituée de deux sous-parties. La première traite d'une étude générale des ondes électromagnétiques et la seconde présente le cœur même de la mesure électrocinétique en abordant de manière indépendante le condensateur, la bobine et enfin le protocole expérimental à proprement parler. Cette partie fait appel à des notions de base d'électromagnétisme (théorèmes de Gauss et d'Ampère notamment) et d'électrocinétique, et finit par un aspect plus expérimental où les notions d'incertitude type et d'écart normalisé sont abordées.

La partie B traite la mesure de la célérité de la lumière dans le vide par une approche, réalisée par Essen & Gordon-Smith en 1948, utilisant des cavités électromagnétiques. Elle fait appel à des notions de base d'électromagnétisme, ainsi qu'à une modélisation mathématique permettant d'exhiber les modes propres d'une cavité cylindrique.

Enfin, la partie C aborde la mesure de la célérité de la lumière dans le vide par utilisation des battements entre les deux modes longitudinaux d'un laser Hélium-Néon, approche réalisée par D'Orazio et son équipe en 2010. Des notions variées en optique, en analyse de Fourier et sur le phénomène de battement interviennent. Cette partie se termine par une question plus ouverte, peu guidée, demandant au candidat de faire preuve d'initiative.

Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie A.1 Q1 à Q5	Partie A.2.a Q6 à Q10	Partie A.2.b Q11 à Q15	Partie A.2.c Q16 à Q20	Partie B Q21 à Q30	Partie C Q31 à Q35
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	96 %	93 %	90 %	95 %	75 %	63 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	59 %	33 %	35 %	39 %	31 %	21 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

A – Mesure de c par utilisation de circuits électriques : Rosa & Dorsey (1907)

A.1 – La théorie électromagnétique de Maxwell

Théorie de Maxwell des ondes électromagnétiques

Q1 – Cette question est presque toujours réussie.

Q2 – La question est très bien traitée. Il convient tout de même de faire preuve de rigueur dans le maniement des grandeurs vectorielles : le jury sanctionne les copies avec des égalités entre grandeurs vectorielle d'un côté et scalaire de l'autre côté. Il est attendu que les candidats établissent explicitement l'équation de propagation pour le champ magnétique ; une mention du type « de même pour le champ magnétique » (ou analogue) n'est pas suffisante.

Q3 – Il est insuffisant d'affirmer sans justification qu'il s'agit d'une onde progressive se propageant à la vitesse c dans le sens des z croissants. La question demande explicitement de le « montrer en quelques lignes ». Une démonstration possible consiste à évaluer le champ en z à l'instant $t + \Delta t$ et à vérifier qu'il coïncide avec ce qu'il était à l'instant t , mais à l'abscisse $z - \Delta z$ où $\Delta z = c \Delta t$. Un schéma clair et détaillé, lorsqu'il est pertinent, permet de répondre à des attentes du jury.

Q4 – Il faut bien différencier la direction de propagation et la direction de polarisation des ondes. Le jury apprécie particulièrement les copies où les notions d'onde plane, d'onde transverse et de polarisation rectiligne sont définies de manière claire et précise.

Q5 – Le résultat est très souvent connu et bien démontré. Certaines copies présentent une double erreur de signe qui, par compensation, conduit au résultat attendu ; ces erreurs sont pénalisées. Il est conseillé d'apporter une attention particulière à la rigueur et à la précision dans les calculs et les justifications, afin d'éviter toute ambiguïté pour le correcteur.

A.2 – Le principe de la mesure électrocinétique

A.2.a – Le condensateur

Électrostatique ; capacité d'un condensateur

Q6 – Il faut penser à évoquer les symétries de la distribution de charges pour justifier la direction du champ électrique. Cependant, dire que le plan d'équation $z = d/2$ est un plan d'antisymétrie de la distribution de charges permet de justifier que le champ $\vec{E}$ est selon $\vec{e}_z$ pour tous les points de ce plan, mais non pour tous les points de l'espace. Par ailleurs, il faut veiller à employer des termes précis : en électrostatique, il est exact de dire que le champ est « porté par » l'axe Oz ; en revanche, parler de

« propagation selon Oz » est incorrect, d'autant que le régime est stationnaire et écarte toute notion de propagation.

Q7 – Le théorème de Gauss est souvent correctement énoncé. Cependant, la définition de la surface fermée adaptée à la distribution de charges est trop souvent imprécise. De nombreux candidats se contentent de remplacer le flux de $\vec{E}$ par le produit $E \times A_c$ et donnent la charge intérieure comme étant $-Q$: un tel raccourci conduit inévitablement à un résultat erroné. De plus, le champ n'étant pas homogène dans tout l'espace, il convient de distinguer la valeur du champ selon la position choisie pour le point M où ce dernier est calculé. Le jury conseille aux futurs candidats de s'entraîner sur ce type de question qui comporte de nombreuses étapes et offre plusieurs opportunités de marquer des points au barème.

Q8 – Le jury apprécie que plusieurs copies mentionnent, à juste titre, le principe de superposition. Seulement quelques copies l'appliquent correctement, souvent par manque de résultats sur les champs créés par chaque plan. Un schéma du condensateur, sur lequel sont portés les vecteurs champ $\vec{E}$ dans chacune des différentes zones ($z < 0$, $0 < z < d$ et $z > d$) aide à obtenir un résultat juste pour le champ total.

Q9 – Le lien entre tension et champ électrique est souvent connu en valeur absolue, mais le jury bonifie les candidats vigilants sur l'orientation du champ électrique en lien avec le signe des charges et de la différence de potentiel.

A.2.b – La bobine

Magnétostatique ; inductance propre

Q10 – Dans cette question, une démonstration de la valeur de la capacité de condensateurs en parallèles est attendue. Un raisonnement électrocinétique est accepté aussi bien qu'un raisonnement électromagnétique.

Q11 – L'obtention de la direction du champ $\vec{B}$ doit se faire par analyse des symétries de la distribution de courants. Les futurs candidats sont invités à être vigilants quant à la distinction entre les plans d'antisymétrie et les plans de symétrie.

Q12 – Le théorème d'Ampère est souvent cité, mais pour que son écriture soit juste, il est nécessaire de préciser que les courants pris en compte sont les courants enlacés par le contour d'Ampère, une précision trop fréquemment omise.

Q13 – De façon analogue à la question 7, l'utilisation du théorème d'Ampère doit être détaillée en plusieurs étapes, chacune étant valorisée dans le barème : il est d'abord essentiel d'analyser les symétries et invariances de la distribution de courants, puis de choisir un contour adapté pour lequel la circulation du champ magnétique s'exprime simplement, avant d'évaluer cette circulation et les courants enlacés, et enfin de conclure.

Q14 – La définition de l'inductance propre n'est pas assez souvent connue.

Q15 – Cette question permet aux candidats rigoureux ayant réussi le calcul de champ magnétique dans une bobine et connaissant la définition de l'inductance propre de se distinguer.

A.2.c – Le circuit LC

Électrocinétique ; incertitude type ; écart normalisé

Q16 – Cette question révèle des difficultés en électrocinétique dans les copies, en particulier une maîtrise incomplète des relations constitutives. Par ailleurs, une équation sur la tension u est attendue : la

présentation de l'équation vérifiée par i ne permet pas d'obtenir de points. Le schéma électrique de l'énoncé ne fait pas figurer la tension aux bornes de la bobine ; ainsi, les copies dépourvues de schéma et introduisant un certain u_L non défini – dont la convention (récepteur ou générateur) reste indéterminée – ne peuvent être évaluées positivement. De plus, de nombreux candidats omettent de respecter la consigne exigeant d'établir l'équation différentielle pour un intervalle de temps spécifique, durant lequel la tension du générateur est nulle. Finalement, seulement 52 % des copies abordant la question aboutissent à l'équation différentielle demandée.

Q17 – La résolution d'une équation différentielle d'ordre deux de type oscillateur harmonique est globalement maîtrisée. De nombreux candidats ne trouvent pas $T = 2\pi/\sqrt{LC}$ alors que la pulsation est correcte.

Q18 – Cette question est bien traitée si les parties précédentes l'ont été également.

Q19 – La dimension historique du problème autour de la détermination de la vitesse de la lumière dans le vide requiert de prêter une attention particulière au nombre de chiffres significatifs présents dans les données pour donner la valeur du résultat numérique de c . Beaucoup de candidats fournissent une valeur de c avec tous les chiffres fournis par la calculatrice, sans vigilance sur la signification de ces chiffres. Il faut également tenir compte de l'unité du coefficient directeur de la droite utilisé pour faire le calcul de c .

Q20 – Le 2 est souvent oublié dans la formule de propagation des incertitudes. L'écart normalisé (ou z-score) est parfois confondu avec l'écart relatif.

B – Mesure de c par utilisation de cavités électromagnétiques : la cavité cylindrique d'Essen & Gordon-Smith (1948)

Cavité électromagnétique ; modes propres

Q21 – La question est souvent réussie même si, dans certaines copies, les conditions ne portent pas clairement sur $g(0)$, $g(h)$ ou $E_0(a)$.

Q22 – La question est souvent réussie, mais le remplacement dans l'équation de l'expression donnée par l'énoncé pose parfois problème avec, par exemple, des problèmes d'homogénéité sur l'expression finale.

Q23 – La séparation des variables suggérée par l'énoncé est rarement menée correctement jusqu'au bout. Dans de nombreuses copies, β est identifié à une expression dépendant de r sans avoir montré que β est bien constante.

Q24 – Il faut penser à utiliser les conditions aux limites pour faire émerger les conditions de quantification comme dans la résolution de la corde de Melde en ondes stationnaires.

Q25 – Cette question est peu abordée dans les copies.

Q26 – Quelques excellentes copies – qui traitent quasiment l'intégralité du sujet – remarquent la coquille de l'expression donnée par l'énoncé (le x est au numérateur et non au dénominateur pour le deuxième terme du membre de gauche de l'égalité). Le jury a accordé des points à toute tentative de raisonnement, même incomplète, dès lors que le candidat manifeste une gêne ou une interrogation face à cette erreur.

Q27, Q28, Q29 – Ces questions sont peu abordées.

Q30 – Il faut ici être extrêmement vigilant sur le nombre de chiffres significatifs à donner dans la réponse. Le nombre de chiffres significatifs dans les données de l'énoncé ne laissent aucune place au doute.

C – Mesure de c par utilisation des battements entre les deux modes longitudinaux d'un laser Hélium-Néon : D'Orazio et al. (2010)

Ondes ; battements

Q31 – Le raisonnement prévu par l'énoncé doit porter sur le déphasage entre l'onde initiale et l'onde ayant fait un aller-retour dans la cavité. Ce raisonnement est très peu élaboré dans les copies, mais le jury valorise d'autres méthodes menant à la relation entre λ et L_c à condition qu'elles soient correctement argumentées. L'indice de l'air est très souvent oublié dans l'expression de f_m ; or, c'est bien la prise en compte précise de l'indice de l'air qui permettra, in fine, de gagner quelques chiffres significatifs dans la détermination de la célérité de la lumière dans le vide par cette méthode de battements.

Q32 – Si la relation trigonométrique donnée pour calculer le produit de cosinus $\cos(2\pi f_q t) \cos(2\pi f_{q+1} t)$ est très souvent utilisée, elle l'est très peu pour calculer également $\cos^2(2\pi f_q t)$. Or, il faut bien complètement linéariser la relation pour pouvoir déterminer les fréquences présentes dans le spectre.

Q33 – Faire le lien entre les inégalités portant sur le temps de détection τ_d et les différentes fréquences est attendu pour justifier la suppression des termes éliminés par le filtrage.

Q34 – La réponse à cette question se déduit directement des résultats précédents.

Q35 – Très peu de candidats identifient la problématique posée ici. L'énoncé donne ΔL_c et non L_c , ce qui complique la régression linéaire. Sur une telle question non guidée, comme annoncé dans l'énoncé, la prise d'initiative est valorisée. Ainsi, toute identification de la problématique – même sans y répondre entièrement – est déjà récompensée. C'est à cette question que le résultat de la mesure de c est obtenu avec la plus grande précision (cinq chiffres significatifs sont attendus et, là encore, pas les neuf donnés par la calculatrice).

Sujet de chimie – Exercices

Le sujet est constitué de deux exercices complètement indépendants.

L'exercice A porte sur l'étude du nettoyage de l'argenterie et s'appuie sur des notions d'atomistique, de quotient réactionnel, de configurations électroniques et d'oxydoréduction.

L'exercice B traite du dosage de l'urée en abordant notamment des notions de spectrophotométrie et de dosage acido-basique et se termine, comme le sujet de physique, par une question demandant de l'initiative.

Ce sujet de chimie est globalement bien traité : les questions sont quasiment toutes abordées. En revanche, la méthode de titrage en fin de partie B pose problème dans la très grande majorité des copies.

Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie A Q1 à Q9	Partie B Q10 et Q17
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	99 %	95 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	61 %	49 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

A – Étude du nettoyage de l'argenterie

Structure de l'atome ; structure de Lewis ; équation de réaction ; oxydo-réduction

Q1 – Les termes « nombre de charge », « numéro atomique » ou « nombre de protons » sont acceptés pour Z . De même, « nombre de nucléons » et « nombre de masse » sont acceptés pour A .

Q2 – La géométrie coudée doit être justifiée par la répulsion électronique entre doublets.

Q3 – Cette question est pratiquement toujours réussie.

Q4 – Le terme de « ppm » (ou partie par million) est parfois incompris.

Q5 – Un couple oxydant réducteur doit se présenter dans l'ordre oxydant/réducteur.

Q6 – Cette question est très souvent réussie malgré quelques étourderies menant à la configuration électronique de Ag au lieu de Al à cause d'une lecture trop rapide de l'énoncé.

Q7 – Le modèle de pile appris par cœur n'est pas adapté à la situation : il n'y a, par exemple, pas de fils électriques reliant les deux électrodes (qui sont en contact direct).

Q8 – De nombreuses copies passent à côté du fait que le sel sert d'électrolyte et n'est pas consommé par la réaction.

Q9 – Si l'augmentation de la température de l'eau peut effectivement augmenter la solubilité de certains sels, c'est essentiellement le terme de « facteur cinétique » qui est ici attendu.

B – Dosage de l'urée

Dosage colorimétrique ; dosage pH-métrique

Q10 – Les doublets non liants sont souvent bien placés dans les compositions.

Q11 – La loi de Beer-Lambert est très souvent connue, même si les points portant sur le nom et l'unité de chaque facteur ne sont pas toujours pris. La version $A = kC$ vue en classe de première ne suffit pas.

Q12 – Un protocole consiste en une succession d'étapes à respecter. Il est essentiel de ne pas omettre de faire le blanc et de régler la longueur d'onde utilisée pour la mesure d'absorbance. Il est également nécessaire de préciser la composition de la gamme de solutions étalons. En effet, pour réaliser un dosage par étalonnage en spectroscopie UV-visible, il est indispensable de travailler avec des solutions colorées. Dans ce cas, il s'agit de solutions de triazine. Une solution d'urée, non colorée, nécessite l'ajout de diacétylmonoxime pour former un composé coloré.

Q13 – Cette question est bien réussie dans l'ensemble. Il faut cependant éviter la confusion entre l'aspect cinétique et l'aspect thermodynamique et éviter d'écrire que le catalyseur favorise la réaction thermodynamiquement ou augmente son rendement.

Q14 – NH_4^+ est un acide (et non une base) : ce n'est donc pas lui qui réagit avec l'acide fort. Il faut être vigilant sur le caractère de dibase de l'ion carbonate et au fait que l'acide est introduit en excès. La justification du caractère quantitatif de la réaction est à faire rigoureusement. Pour montrer que la réaction est quantitative (ou « totale » ; terme employé dans les programmes au lycée), il est attendu des candidats qu'ils calculent la valeur de la constante d'équilibre K° associée à la réaction acide-base de l'ion carbonate avec l'acide fort en excès à partir des constantes d'acidité des couples intervenant dans la réaction, puis de constater que $K^\circ \gg 1$ pour conclure.

Q15 – L'acide chlorhydrique est souvent cité, mais aussi parfois mal orthographié.

Q16 – Les futurs candidats sont invités à prêter une grande attention à la clarté et au soin des tableaux d'avancement réalisés.

Q17 – Le principe indirect du dosage ici réalisé est très peu compris. Toute prise d'initiative quant à la détermination des concentrations est valorisée.

3.2 Seconde épreuve d'admissibilité

Commentaires généraux sur l'épreuve

Le programme officiel du concours étant différent entre la majeure chimie et la majeure physique, les énoncés sont spécifiques à chacune d'elles.

Les énoncés de chaque majeure se décomposent en deux parties : une partie A qui fournit des données et un corpus de documents et une partie B qui contient l'ensemble des questions à traiter en s'appuyant notamment sur les éléments de la partie A.

De nombreuses questions et les diverses sous-parties sont largement indépendantes ; chaque sous-partie est progressive en termes de difficulté. Cela donne l'opportunité aux candidats de traiter un maximum de questions et au jury d'évaluer ceux-ci de manière suffisamment probante.

Les points suivants regroupent des remarques générales de nature à alimenter la réflexion des futurs candidats dans leur préparation du concours, celles-ci étant naturellement cohérentes avec celles formulées pour la première épreuve d'admissibilité :

- de nombreuses questions sont directement reliées à l'apprentissage et la compréhension du cours. Le jury encourage donc les candidats à approfondir ses connaissances non seulement des formules, mais aussi des définitions, des hypothèses et du vocabulaire scientifique. Les connaissances évaluées dans la majeure portent sur le programme du concours qui comprend des notions du lycée et de licence ;
- une analyse détaillée des documents fournis dans la première partie du sujet, ainsi que des données, est indispensable pour répondre aux questions posées. L'argumentation doit généralement s'appuyer sur les informations fournies dans les documents afin de formuler les réponses les plus appropriées ;
- l'évaluation d'une copie d'épreuve disciplinaire ne se résume pas à une validation par les correcteurs de connaissances et de valeurs numériques. La démarche doit systématiquement être explicitée et les lois utilisées doivent être énoncées. Lors du développement d'un raisonnement, l'établissement d'expressions littérales est attendu afin de permettre la vérification de l'homogénéité du résultat proposé et d'en valider la pertinence. Les réponses ne peuvent se limiter à une succession d'équations numériques ;
- lors des applications numériques, un nombre cohérent de chiffres significatifs doit être utilisé et la vérification de l'ordre de grandeur peut être utile pour détecter des erreurs. Lorsque le résultat obtenu est manifestement aberrant (inhomogénéité, problème d'ordre de grandeur, erreur de signe), il est préférable de le signaler dans la copie. Un résultat numérique sans unité pour une grandeur dimensionnée, ou avec la mauvaise unité, n'est pas valide ;
- une présentation soignée des copies est appréciée par le jury : une écriture lisible – en évitant les ratures –, des résultats mis en évidence – par exemple par encadrement –, la numérotation

des questions en adéquation avec l'énoncé, des schémas précis sont autant d'atouts pour favoriser une bonne communication en direction du jury. Le candidat ne doit pas hésiter à aérer sa copie et à rayer proprement en cas d'erreur. Comme pour la première épreuve, une bonne présentation permet également de mieux se retrouver dans sa copie et d'utiliser notamment plus facilement les résultats des questions précédentes pour progresser au sein d'une même sous-partie ;

- une rédaction rigoureuse est attendue, avec un vocabulaire précis et adapté. Les grandeurs non définies dans l'énoncé doivent être clairement introduites dans la copie lorsqu'elles sont utilisées pour le raisonnement. Les expressions demandées doivent être exprimées en fonction des grandeurs indiquées dans la question.

Le jury félicite les candidats auteurs d'excellentes copies, très bien rédigées, avec des calculs menés avec aisance et globalement révélatrices d'une maîtrise des attendus de la discipline. Il a conscience de la difficulté de cette épreuve qui nécessite l'appropriation de documents dans un temps contraint. Il encourage les futurs candidats à mettre l'accent sur la maîtrise des fondamentaux de la physique-chimie, la rigueur rédactionnelle, la lecture attentive de l'énoncé, l'appropriation des informations fournies par les documents et l'autonomie dans les calculs.

Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure chimie

L'alcool benzylique

Le sujet couvre des points variés du programme officiel du concours (cinétique, optique géométrique, thermodynamique, équilibres en solution, chimie organique, méthodes expérimentales) en combinant des applications directes des notions essentielles de ce programme et des questions plus ouvertes sollicitant l'analyse et l'interprétation de documents scientifiques de natures diverses.

Le questionnement est subdivisé en quatre parties B.1 à B.4 consacrées à la préparation de l'alcool benzylique par hydrolyse du chlorure de benzyle, à l'oxydation de l'alcool benzylique en acide benzoïque, à l'utilisation de l'alcool benzylique pour la protection du groupe carboxyle et enfin à la détermination de la structure d'un oligomère de l'alcool benzylique dans CCl_4 par spectrophotométrie.

Sur l'ensemble des copies, au moins une bonne réponse a été apportée à chaque question. Certains candidats ont de très solides connaissances et une très bonne capacité d'analyse. Plusieurs questions ont été bien traitées par une grande majorité des candidats, en particulier celles faisant appel aux fondamentaux : loi de vitesse d'ordre 1, loi d'Arrhenius, relation de Guldberg et Waage, loi de Snell-Descartes, loi de Beer-Lambert.

Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie B.1 Q1 à Q9	Partie B.2 Q10 à Q18	Partie B.3 Q19 à Q24	Partie B.4 Q25 à Q29
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	98 %	95 %	73 %	64 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	36 %	22 %	25 %	26 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

B.1 – Préparation de l'alcool benzylique

Cette partie, consacrée à la préparation de l'alcool benzylique par hydrolyse du chlorure de benzyle, comporte une approche cinétique et l'analyse des conditions expérimentales de cette préparation ainsi que l'étude du fonctionnement d'un réfractomètre.

Q1 – L'expression correcte de la loi de vitesse intégrée est très souvent proposée. Cependant, les hypothèses de calcul (dégénérescence de l'ordre par rapport à l'eau solvant) sont trop souvent oubliées et la validation du modèle (résultats de la régression linéaire $\ln(C/C_0) = f(t)$) n'est pas toujours présentée.

Q2 – L'absence d'information sur l'ordre partiel par rapport à l'eau (due à la dégénérescence de l'ordre) est très rarement évoquée. Les mécanismes S_N1 et S_N2 sont souvent confondus. Plusieurs candidats proposent toutefois une argumentation pertinente sur la classe du carbone fonctionnel, la stabilisation par conjugaison du carbocation intermédiaire dans le cas d'une S_N1 et sur les propriétés du solvant.

Q3 – La loi d'Arrhenius est assez bien maîtrisée. Il est dommage que de nombreux candidats n'exploitent pas l'intégralité des données expérimentales en n'utilisant que deux valeurs de constante de vitesse à deux températures différentes alors que les documents en fournissent plus. L'unité de l'énergie d'activation n'est pas toujours connue.

Q4 – Plusieurs réponses sont possibles et cette question est assez bien traitée. Cependant, il est inutile d'écrire un mécanisme réactionnel lorsque l'énoncé demande explicitement une équation de réaction.

Q5 – Cette question est peu réussie car l'exploitation des informations du tableau 3 est trop souvent superficielle. Si les critères à prendre en considération pour limiter la formation de l'éther de dibenzyle sont souvent identifiés, l'argumentation est souvent absente ou fautive. De nombreux candidats se contentent de comparer les masses de produits formés et ne pensent pas à raisonner en termes de proportion.

Q6 – Le tracé des rayons est généralement correct. Il est dommage que le sens de propagation de la lumière n'apparaisse pas toujours sur le schéma et que les angles des rayons (incidents ou réfractés) par rapport à la normale aux différents dioptriques ne soient pas toujours indiqués.

Q7 – Cette question est généralement réussie. La relation de Snell-Descartes est plutôt bien maîtrisée dans l'ensemble.

Q8 – Les angles des rayons (incidents ou réfractés) par rapport à la normale aux différents dioptriques ne sont pas toujours correctement indiqués, ce qui empêche une démonstration rigoureuse de la relation à établir. Les propriétés de la fonction sinus ne sont pas toujours maîtrisées.

Q9 – L'angle limite est très souvent déterminé correctement, mais le lien avec la zone claire et la zone sombre (absence de rayon réfracté) à la sortie du réfractomètre est rarement établi.

B.2 – Conversion de l'alcool benzylique en acide benzoïque

Cette partie est consacrée à l'analyse d'un protocole de préparation de l'acide benzoïque par oxydation de l'alcool benzylique. Elle aborde le fonctionnement d'un chauffe-ballon dans un montage à reflux, les réactions d'oxydoréduction se produisant lors de la synthèse, ainsi que la séparation et la purification par recristallisation de l'acide benzoïque préparé.

Q10 – Cette question est très bien réussie.

Q11 – Si la valeur de la durée de chauffage est souvent correcte, la justification de la démarche est peu précise : le premier principe est rarement évoqué et le système étudié est aussi rarement précisé.

Q12 – Si beaucoup de candidats remarquent que la masse d'eau vaporisée correspond pratiquement à la totalité de l'eau introduite, très peu font le lien avec la présence du réfrigérant qui permet de condenser les vapeurs.

Q13 – De nombreux candidats utilisent directement une formule du pH sans expliciter les hypothèses associées et sans les vérifier ultérieurement. La démarche plus rigoureuse consiste à établir l'équation de la réaction entre l'ion carbonate et l'eau, puis écrire le tableau d'avancement et la relation de Guldberg et Waage associée à cet équilibre et enfin résoudre l'équation ainsi établie. Les informations fournies dans le document 3 ne sont pas suffisamment utilisées pour justifier le choix d'un milieu basique pour effectuer la synthèse.

Q14 – Si l'existence de domaines de prédominance disjoints pour MnO_4^- et PhCH_2OH est souvent identifiée, l'équation de réaction est rarement ajustée et ne tient que trop rarement compte des conditions expérimentales (milieu basique). L'exploitation des informations fournies par les diagrammes potentiel-pH n'est pas toujours complète : la possibilité de faire réagir MnO_2 avec PhCH_2OH en excès n'est que très rarement évoquée.

Q15 – Si la détermination des quantités de matière est souvent correcte, le lien avec la stœchiométrie de la réaction entre MnO_4^- et PhCH_2OH n'est que très rarement établi.

Q16 – Le rôle de l'acide chlorhydrique est souvent bien identifié. Cependant, la méthode expérimentale permettant de vérifier qu'il est introduit en quantité suffisante ne s'appuie pas suffisamment sur la valeur du pK_a du couple de l'acide benzoïque.

Q17 – La détermination du rendement est souvent bien menée.

Q18 – Si un solvant approprié est souvent identifié, des justifications rigoureuses s'appuyant sur les informations fournies par le document 4 sont plus rarement proposées.

B.3 – Utilisation de l'alcool benzylique comme réactif protecteur

Cette partie, totalement dédiée à la chimie organique, étudie quelques étapes de la synthèse de l'aspartame et le rôle de l'alcool benzylique pour la protection du groupe carboxyle.

Q19 – La possibilité de faire réagir l'ester méthylique de la phénylalanine avec l'un ou l'autre des groupes carboxyle de l'acide aspartique est souvent identifiée. En revanche, la possibilité de faire réagir deux molécules d'acide aspartique entre elles est fréquemment oubliée. Un certain nombre de candidats limite la notion de sélectivité à la stéréosélectivité alors que les atomes de carbone asymétriques ne sont pas modifiés par la formation de la liaison peptidique.

Q20 – Les informations relatives aux valeurs des pK_a des couples $\text{RCOOH}/\text{RCOO}^-$ et $\text{RNH}_3^+/\text{RNH}_2$ fournies dans l'énoncé ne sont pas suffisamment exploitées pour mettre en évidence l'existence d'une forme

zwitterionique de l'acide aspartique et justifier la nécessité de se placer en milieu basique afin d'augmenter la nucléophilie de l'atome d'azote de l'acide aspartique.

Q21 – Le formalisme des flèches courbes (flèches partant des doublets d'électrons) est plutôt bien maîtrisé. Cependant trop d'actes élémentaires ne sont pas ajustés en atomes et en charges. L'étape d'activation de l'électrophilie de l'acide carboxylique est trop souvent oubliée. Les propositions de conditions expérimentales permettant de favoriser la formation du produit sont très souvent pertinentes.

Q22 – L'utilisation d'un seul équivalent de LiOH et d'une faible température est assez souvent proposée pour justifier la transformation d'une seule des deux fonctions ester.

Q23 – Cette question est généralement bien traitée.

Q24 – Les conditions de déprotection fournies dans le document 6 ne sont pas suffisamment exploitées pour écarter l'utilisation du 2-méthylpropan-2-ol comme réactif protecteur.

B.4 – Étude d'un oligomère de l'alcool benzylique

Cette sous-partie concerne la détermination de la structure d'un oligomère de l'alcool benzylique dans CCl_4 par spectrophotométrie.

Q25 – L'expression du quotient de réaction est très fréquemment inhomogène : la concentration standard est trop souvent oubliée. La loi de Beer-Lambert est en revanche connue.

Q26 – L'absence de rigueur lors des calculs empêche souvent de montrer que $(A_{\text{olig}})^{1/n}$ est une fonction linéaire de A_{libre} .

Q27 – De nombreux candidats n'identifient pas la représentation d'une fonction linéaire (droite passant par l'origine) sur la figure 8 et ne peuvent donc pas déterminer la valeur de n .

Q28 – Le document 8 n'est pas suffisamment exploité pour déterminer la valeur de $K^\circ : (A_{\text{olig}})^{1/n}$ et A_{libre} sont souvent confondus avec les nombres d'onde auxquels les mesures d'absorbance ont été effectuées et le coefficient directeur de la droite $(A_{\text{olig}})^{1/n} = f(A_{\text{libre}})$ est trop rarement utilisé.

Q29 – L'ordre de grandeur de l'énergie d'une liaison hydrogène est plutôt bien connu des candidats ayant répondu à cette question.

Énoncé à l'attention des candidats ayant choisi la majeure physique

Centrale solaire orbitale

Le sujet s'intéresse au dispositif de la centrale solaire orbitale et traite en trois parties B.1 à B.3 indépendantes de l'orbite géostationnaire d'un satellite, de l'acheminement d'énergie électromagnétique sans fil et de la réception sur Terre. Ainsi, plusieurs domaines de la physique (mécanique, électromagnétisme, optique, électrocinétique) et de la chimie (bilan de matière, spectrophotométrie) sont abordés. Cela permet aux candidats de montrer leurs connaissances, capacités et compétences dans ces différents domaines en intégrant des notions expérimentales, de l'extraction d'informations, de la lecture graphique, etc.

Le tableau suivant précise des valeurs d'indicateurs sur des blocs de questions.

	Partie B.1.a Q1 à Q6	Partie B.1.b Q7 à Q10	Partie B.2.a Q11 à Q14	Partie B.2.b Q15 à Q17	Partie B.2.c Q18 à Q21	Partie B.3.a Q22 à Q24	Partie B.3.b Q25 à Q28
Pourcentage de candidats ayant abordé la partie	96 %	96 %	94 %	90 %	94 %	78 %	63 %
Taux de réussite moyen pour les candidats ayant abordé la partie	40 %	44 %	48 %	42 %	29 %	26 %	17 %

Le jury propose ci-après des commentaires détaillés pour chaque question ; ils ont pour objectif d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage étant porté sur des points à améliorer et les attendus des différentes questions.

B.1 – Satellite en orbite

B.1.a – Orbite géostationnaire

Cette partie s'intéresse au mouvement d'un satellite en orbite géostationnaire en s'appuyant principalement sur la mécanique des mouvements gravitationnels du programme de terminale.

Q1 – Le jury attend une démonstration de l'expression de la vitesse du satellite à partir d'une étude dynamique (une analyse dimensionnelle seule ne convient pas). Il est de bon usage, dans tout problème de mécanique, de commencer par faire un schéma clair et complet dans lequel on fait figurer le système, la force, la base locale choisie ; cette démarche est valorisée. La force gravitationnelle est souvent exprimée correctement. Une partie des candidats se trompe pour étudier ce mouvement circulaire en écrivant que l'accélération (radiale) est égale à dv/dt (sous forme scalaire), ce qui conduit à une vitesse qui croît linéairement avec le temps : un tel résultat est physiquement incohérent.

Q2 – Même lorsque l'expression obtenue à la question 1 est incorrecte, la majeure partie des candidats connaît la méthode pour obtenir le rayon de la trajectoire. Il s'agit d'aller au bout de la question en exprimant le rayon en fonction des grandeurs, et non le cube du rayon. La troisième loi de Kepler (loi des périodes) est citée correctement, même s'il y a quelques confusions avec la loi des aires.

Q3 – La relation entre le rayon de la trajectoire et l'altitude est généralement bien donnée ; un simple schéma permet de la retrouver facilement. Une erreur d'impression est présente dans les données fournies par l'énoncé : la constante de gravitation universelle vaut $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$. De nombreux candidats ont remarqué et signalé cette erreur pour réaliser l'application numérique. La période de révolution d'un satellite géostationnaire doit être connue.

Q4 – L'expression de l'énergie potentielle gravitationnelle est généralement connue (si elle n'est pas confondue avec l'énergie potentielle de pesanteur), mais avec souvent une erreur sur le signe. La méthode permettant de déterminer une énergie potentielle est souvent bien connue. L'énoncé demande aussi de déterminer la constante d'intégration à l'aide de la référence d'énergie potentielle fournie.

Q5 – De nombreux candidats exploitent correctement – en oubliant parfois de la justifier – la conservation de l'énergie mécanique du satellite à son apogée de la trajectoire pour obtenir la vitesse demandée. L'application numérique pose davantage de difficulté, à cause notamment de confusions entre altitude et rayon. La valeur numérique obtenue peut être confirmée à l'aide du document 1.

Q6 – La moitié des copies aborde cette question dont la réussite dépend de l'application numérique précédente. L'énoncé demande de confirmer la valeur obtenue à l'aide du document 1 : cette démarche de validation est valorisée même si le candidat n'obtient pas la bonne application numérique.

B.1.b – Propulsion chimique

Cette partie s'intéresse à la quantité de carburant nécessaire pour passer sur l'orbite géostationnaire. Il est demandé d'effectuer des bilans de matière d'une équation de réaction.

Q7 – La formule de Tsiolkovski est très souvent bien exploitée. Il faut bien distinguer la masse initiale du satellite, de la masse de carburant. Lorsque la variation de vitesse Δv est correctement identifiée, l'application numérique est généralement bien réalisée.

Q8 – Généralement, l'équation de réaction est correctement équilibrée, mais il est quand même surprenant de trouver des erreurs dans l'équilibrage. L'énoncé indique explicitement de bien justifier la démarche adoptée.

Q9 – Les réponses à cette question sont très variables. Bon nombre de candidats traduit correctement les proportions stœchiométriques par une relation correcte entre les quantités de matière. Le bilan de matière proposé pose ensuite des difficultés. Attention, l'énoncé ne demande pas de réaliser l'application numérique de ces quantités de matière.

Q10 – Cette question est abordée par deux tiers des candidats et sa réussite est conditionnée par la question précédente. Le candidat doit rester vigilant sur le nombre de chiffres significatifs à fournir.

B.2 – Acheminer l'énergie sans fil

B.2.a – Propagation d'énergie sans fil

Cette partie s'intéresse à la propagation d'énergie sans fil et s'appuie sur des notions sur la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide.

Q11 – Le jury attend le nom particulier de cette forme d'équation d'onde (équation de d'Alembert). L'application numérique de la célérité de l'onde est très souvent bien réalisée ; attention toutefois à donner un nombre cohérent de chiffres significatifs. Il faut bien comprendre qu'on estime ici la valeur numérique de cette célérité avec une application numérique : on ne cherche pas à trouver la valeur qui est fixée par le Système International.

Q12 – Plusieurs méthodes permettent de déterminer le champ magnétique (relation de structure, équation de Maxwell-Faraday...). Le jury invite le candidat à être vigilant dans les signes lors du calcul du rotationnel ou de l'intégration d'une fonction sinusoïdale, ainsi que dans la vérification d'homogénéité du résultat. La définition du vecteur de Poynting est généralement connue, même si certains candidats doutent sur la constante à utiliser.

Q13 – Les candidats doivent faire attention à ne pas écrire une égalité entre une grandeur scalaire et une grandeur vectorielle.

Q14 – La plupart des copies donne un argument qualitatif correct du choix d'un faisceau micro-ondes. Cependant, l'énoncé indique clairement la recherche d'un argument quantitatif, invitant donc le candidat à effectuer une lecture graphique de la figure 3. Peu de copies font des propositions intéressantes d'inconvénient majeur de ce choix.

B.2.b – Absorption du rayonnement par l'ozone

Cette partie s'intéresse à l'absorption du rayonnement par l'ozone. Elle s'appuie sur les notions de spectrophotométrie du programme de chimie du lycée.

Q15 – Cette question est majoritairement traitée. Le jury met en garde sur la formulation de la question : l'énoncé ne demande pas de décrire un protocole de mesure par spectrophotométrie. On attend ici une explication du principe de fonctionnement de l'appareil. Peu de copies mentionnent le fait qu'on sélectionne une longueur d'onde de la source polychromatique.

Q16 – Une bonne partie des candidats comprend qu'on utilise cette source pour se placer au maximum d'absorption de l'ozone. Cependant, il est préférable d'effectuer une mesure de la longueur d'onde où l'absorbance est maximale sur la figure 4, plutôt que rédiger une phrase confuse mentionnant une absorption dans l'UV.

Q17 – Beaucoup de copies se limitent à effectuer une lecture graphique de la courbe d'étalonnage (figure 5) pour trouver la concentration en ozone, alors que l'expérience réalisée se fait avec une longueur de cuve différente. Il est nécessaire d'exploiter la loi de Beer-Lambert pour prendre en compte cette modification de la longueur traversée.

B.2.c – Diffraction

Cette partie s'intéresse à la diffraction du faisceau micro-onde émis à travers l'exploitation d'une expérience d'optique.

Q18 – Le jury attend un minimum d'informations dans la description d'une expérience : quelques lignes descriptives, un schéma clair et légendé de la situation, des observations remarquables. Quelques candidats confondent les phénomènes d'interférences et de diffraction. D'autres ont mal lu la consigne et présentent une expérience de diffraction avec un laser.

Q19 – Cette question est largement bien réussie.

Q20 – Une grande partie des candidats calcule l'incertitude-type associée à la mesure (évaluation de type A), alors que d'autres confondent écart-type et incertitude-type sur la moyenne. Le jury rappelle qu'on ne conserve que 1 ou 2 chiffres significatifs pour l'incertitude-type, lors de la présentation du résultat d'une mesure avec son incertitude. Après avoir calculé l'écart normalisé associé à la mesure, l'énoncé demande d'émettre un commentaire pertinent sur l'écart important observé entre la mesure et la donnée du constructeur.

Q21 – Moins de la moitié des candidats abordent cette question, et certains d'entre eux la réalisent correctement. Il est important de commencer à analyser la situation proposée en réalisant un schéma clair et détaillé, afin notamment de rappeler les notations utilisées, et illustrer la divergence du faisceau.

B.3 – Antenne réceptrice : rectenna

B.3.a – Étude du filtre de sortie DC

Cette partie s'intéresse à l'étude d'un filtre passe-bas.

Q22 – Dans cette question, il ne s'agit pas d'indiquer que le diagramme de Bode, qui se trouve en figure 9, est bien celui d'un filtre passe-bas. Le jury attend du candidat de représenter un schéma équivalent du montage en très basses et très hautes fréquences et d'étudier le comportement du filtre.

Q23 – Plusieurs candidats révèlent une bonne maîtrise calculatoire (impédance équivalente, diviseur de tension) pour établir la fonction de transfert demandée. Quelques erreurs sont commises sur l'unité de la pulsation propre.

Q24 – Le diagramme de Bode de la figure 9 est généralement lu correctement pour déterminer le gain en décibels du filtre à la fréquence considérée. Mais l'énoncé demande de déterminer le gain du filtre : il faut donc effectuer une opération supplémentaire. Afin de conclure sur le bon fonctionnement du filtre, il faut justifier que la composante fondamentale du signal à 2,45 GHz et ses harmoniques sont bien atténuées par ce filtre.

B.3.b – Adaptation d'impédance

Cette partie s'intéresse à la notion d'adaptation d'impédance.

Q25 – Cette question pose des difficultés et n'est traitée que dans la moitié des copies. Beaucoup de candidats utilisent la loi d'Ohm $U = RI$ pour trouver la résistance interne, alors que le dipôle est ici modélisé par un modèle de Thévenin. Cette relation n'est pas correcte puisque qu'on voit sur la figure 10 que les caractéristiques ne sont pas des droites passant par l'origine. Le jury constate aussi des difficultés pour déterminer graphiquement la pente d'une droite (utilisation d'un seul point, erreur entre U et I , oubli de conversion des microampères ou des millivolts).

Q26 – Les candidats connaissent généralement l'expression de la puissance reçue par un dipôle en fonction de U et I . Il reste ensuite à déterminer l'expression de la tension U ou de l'intensité I en fonction des données.

Q27 – Seulement un tiers des copies aborde cette question, dont la réussite dépend de l'expression trouvée à la question 26. Pour montrer que la puissance passe par un maximum, on peut calculer la dérivée de la puissance par rapport à la résistance R_s .

Q28 – Un cinquième des copies aborde cette question. La définition du rendement pose souvent des difficultés.

4 Commentaires sur les épreuves d'admission

Les épreuves d'admission sont publiques, sauf contraintes sanitaires ou de sécurité. Des auditeurs peuvent être accueillis dans les salles d'interrogation sous réserve d'inscription préalable sur site au cours de temps d'accueil spécifiques pour chaque demi-journée d'interrogations.

4.1 Constats et conseils concernant la première épreuve d'admission

La description et les conditions générales de l'épreuve

La première épreuve d'admission vise à apprécier les compétences expérimentales du candidat à travers la réalisation de manipulations, leur exploitation et la validation des résultats obtenus. Elle évalue également la capacité du candidat à faire un exposé clair et argumenté, à communiquer et à interagir avec le jury. Le programme associé à cette épreuve est celui de la discipline majeure – chimie ou physique – choisie à l'inscription par le candidat.

Deux phases sont associées à cette épreuve :

- une phase de préparation, d'une durée de deux heures ;
- une phase avec le jury qui comprend un temps de présentation d'une durée de vingt minutes, puis un temps d'échange avec celui-ci d'une durée de trente minutes.

Avant le début de la préparation, le candidat doit remettre à l'équipe de surveillance tous les éléments non autorisés ; ils sont restitués à l'issue de l'épreuve. En particulier, aucun appareil personnel connecté n'est admis (téléphone, montre, lunettes, etc.), hors matériel médical spécifique selon accord du président du jury qui peut fixer les modalités d'usage. Le matériel d'écriture personnel (non électronique) est autorisé ; cela ne concerne pas la papeterie qui est mise à disposition par le concours.

Les ouvrages personnels ne sont pas autorisés et il n'y a pas de bibliothèque accessible au cours de la préparation et du passage de l'épreuve.

Le matériel expérimental nécessaire, calculatrices comprises (différentes marques), est fourni et présenté dans le sujet (les calculatrices personnelles ne sont pas autorisées). Un ordinateur sans accès internet avec les logiciels utiles, ainsi que leur notice, est mis à disposition.

Le candidat peut utiliser, en plus de l'ordinateur et de feuilles de papier fournies, un tableau présent dans la salle de préparation (cette salle fait également office de salle de passage devant le jury). Il n'y a pas lieu d'utiliser la vidéoprojection compte tenu des attendus de l'épreuve, même si un vidéoprojecteur peut être présent dans la salle (il n'est pas forcément connecté à l'ordinateur).

Comme indiqué sur la convocation, la première épreuve d'admission pour la discipline majeure chimie requiert d'apporter une blouse personnelle en coton à manches longues.

À la fin de l'épreuve, aucun matériel ou document (brouillons compris) ne peut être emporté : le candidat ne peut repartir qu'avec ses effets personnels.

Le principe de l'évaluation de l'épreuve et des attendus associés

Le candidat est évalué selon les cinq compétences inhérentes à la démarche scientifique dans le cadre de la pratique expérimentale. En voici quelques éléments descriptifs sans prétendre à l'exhaustivité :

- s'approprier : le candidat s'approprie la problématique du travail à effectuer et l'environnement matériel à l'aide d'une documentation ;
- analyser/raisonner : le candidat justifie un protocole, propose un modèle ou justifie sa validité, développe une stratégie pour répondre à un questionnement, choisit et justifie les modalités d'acquisition et de traitement des mesures ;
- réaliser : le candidat met en œuvre un protocole en respectant les règles de sécurité et il obtient un résultat expérimental en effectuant les traitements associés ;
- valider : le candidat identifie des sources d'incertitude, estime l'incertitude sur les mesures à partir d'outils fournis, analyse de manière critique les résultats et propose des améliorations de la démarche ou du modèle ;
- communiquer : le candidat explique ses choix et rend compte de ses résultats sous forme écrite et orale de manière synthétique, organisée et cohérente ; il interagit avec le jury et argumente.

L'évaluation du niveau de maîtrise de ces compétences est réalisée au travers de l'exposé et de l'entretien et tient compte du degré d'autonomie et d'initiative. Elle est liée aux attendus déjà précisés *supra* dans la définition de l'épreuve. En particulier :

- le candidat doit présenter au cours de son exposé la démarche suivie et préciser l'exploitation des résultats expérimentaux qu'il a obtenus en préparation ;
- il est amené, pendant son exposé, à reproduire un ou plusieurs gestes expérimentaux ;
- une réponse à la problématique du sujet doit être apportée à la fin de l'exposé.

La maîtrise des gestes expérimentaux élémentaires est requise : utilisation de multimètres, lecture de distances, utilisation d'un banc d'optique, choix de la verrerie adaptée selon la manipulation, installation d'un montage en chimie organique, prélèvement avec une pipette jaugée, réalisation d'un titrage, etc. Il est aussi important de savoir effectuer des mesures, d'évaluer les incertitudes associées, de les confronter à d'autres données ou de discuter des modèles à l'aune de celles-ci.

L'utilisation d'outils informatiques pour l'acquisition des signaux ou le traitement des résultats est souvent indispensable. Les candidats doivent être capables de s'adapter à différents logiciels, en s'appuyant sur les notices mises à disposition ou de transférer leurs données vers un logiciel qu'ils maîtrisent

mieux. La modélisation de courbes, ainsi que la lecture précise de valeurs, font également partie des capacités attendues.

La compétence de communication intègre l'aptitude du candidat à effectuer une présentation claire, dans un langage scientifique adapté avec une utilisation pertinente des supports.

La structure des sujets

Le sujet présente une problématique à laquelle le candidat doit apporter une réponse avec l'exposé au travers de l'expérimentation mise en œuvre. Des documents apportent des données et des éléments théoriques utiles à la compréhension. Les informations de sécurité nécessaires sont précisées.

Le sujet contient une série de manipulations, de difficulté croissante, avec un questionnement pour l'exploitation (calculs de grandeurs, tracés de graphiques, modélisations, calculs d'incertitudes, interprétations, etc.).

Les modes opératoires fournis impliquent que le candidat connaisse les choix matériels et les gestes de base. Par exemple, le sujet ne précise pas comment on conditionne une burette ou comment on branche un oscilloscope ; il ne rappelle pas quelle verrerie doit être utilisée pour effectuer le prélèvement demandé, ou comment faire une autocollimation. *A contrario*, les relations qui permettent d'exploiter les mesures en limitant tout blocage dans la série de manipulations sont fournies dans l'énoncé.

Souvent, les manipulations et mesures que le candidat doit reproduire devant le jury pendant l'exposé sont précisées dans la série de manipulations ou dans l'exploitation.

Au moins un calcul d'incertitude est demandé.

Les sujets sont de longueur et difficulté variables mais, aussi bien en chimie qu'en physique, de très bonnes notes ont été attribuées sur tous les types de sujets : le jury adapte son questionnement et l'évaluation par compétences sur l'ensemble de l'épreuve.

La phase de préparation

Le candidat découvre le sujet et les éléments associés (matériels, documents...) à son entrée dans la salle de préparation. Il lui est indiqué, dans le sujet ou oralement, qu'il doit demander immédiatement de l'aide à un technicien dédié s'il a l'impression qu'il manque du matériel ou des réactifs ou s'il juge que le matériel ne fonctionne pas correctement.

Le candidat doit organiser son temps de manière à réaliser un maximum de manipulations sans oublier de les exploiter et réfléchir à ce qu'il va présenter au jury. Lorsqu'un sujet est long, il peut être envisagé de réaliser la fin des expériences pendant l'exposé. Le jury apprécie que le candidat prépare son exposé à l'aide de supports (tableau, papier, exploitations numériques sur ordinateur).

Les surveillants et le technicien ne manipulent en aucun cas à la place du candidat. Ils interviennent en cas de risque (danger pour les personnes notamment).

L'épreuve

L'épreuve en tant que telle commence deux heures après le début du temps de préparation. Sa durée totale est de cinquante minutes. Elle se décompose en deux parties : l'exposé du candidat et l'entretien avec le jury.

L'exposé

Le candidat dispose de vingt minutes pour son exposé qu'il convient d'exploiter au mieux : il permet de réaliser une présentation des expériences, avec reproduction de gestes expérimentaux, et une présentation des résultats expérimentaux obtenus en préparation, assortis de leur exploitation. Le candidat n'a pas à utiliser un vidéoprojecteur : il peut s'appuyer sur tout autre support écrit de son choix (tableau, écran d'ordinateur, feuille déposée à côté du poste de manipulation, etc.). En cas d'utilisation du tableau, il est demandé au candidat de ne rien effacer, sauf invite du jury à le faire.

Il est apprécié que le candidat propose des gestes expérimentaux de sa propre initiative. En particulier, lorsque le sujet ne demande pas explicitement un geste, le choix des manipulations reproduites devant le jury doit être pertinent au regard de la problématique posée.

Le candidat n'est pas interrompu par le jury lors de son exposé, sauf en cas de danger pour le matériel ou pour les personnes, ou pour prévenir qu'il ne reste plus que deux minutes d'exposé. Il ne doit pas interpellé le jury, ni lui poser des questions.

Le jury est amené à se déplacer pour mieux observer les manipulations réalisées ou les résultats obtenus. Il ne modifie en aucun cas les montages présentés.

L'exposé du candidat terminé, le jury commence la phase d'entretien.

L'entretien

L'entretien dure trente minutes, même si le candidat n'a pas utilisé la totalité des vingt minutes imparties pour l'exposé. Ce temps d'échange permet, à partir des questions posées par le jury, d'approfondir les notions abordées lors de l'exposé et de détailler des points non explicités ou mis en œuvre.

Lorsque des manipulations demandées dans l'énoncé n'ont pas été présentées au cours de l'exposé, le jury demande au candidat de les effectuer pendant l'entretien. Il peut également demander d'autres gestes expérimentaux.

Il est important que le candidat sache justifier les choix expérimentaux effectués, notamment quant à la sécurité et à la précision des mesures.

Les échanges ont également pour objectif d'accompagner le candidat dans l'interprétation théorique de ses manipulations, voire d'aller plus loin sur la thématique d'étude.

Constats et conseils aux candidats

La phase de préparation

Il est conseillé aux candidats de prendre connaissance de l'entièreté du sujet en début de préparation et de planifier ses tâches. Il peut être judicieux, avant de démarrer les manipulations, de bien identifier les notices et documents disponibles afin de les utiliser aux moments opportuns.

Il est important pendant la préparation de penser à sauvegarder les résultats, en particulier les courbes, afin de pouvoir les présenter et en discuter avec le jury.

Le jury tient à rappeler que des informations permettant de répondre à la problématique sont indiquées dans le sujet. Il est donc attendu que les candidats puissent se les approprier et s'y référer lors de l'exploitation des résultats expérimentaux.

Dans le cadre de l'épreuve dans la discipline majeure chimie, le mélange réactionnel doit être clairement identifié pour s'approprier le sujet (équation de réaction support de titrage, constitution du système à la fin d'une synthèse, etc.). Ceci est plus globalement un point d'attention du jury : lire et donner du sens à une équation est une compétence indispensable et attendue.

L'exposé et l'entretien

Il est recommandé d'introduire l'exposé en explicitant les objectifs et en rappelant la problématique pour laquelle une réponse est attendue en conclusion.

Le jury apprécie le rattachement explicite des différentes manipulations proposées avec la problématique : cela permet de voir si le candidat s'est convenablement approprié le sujet et en a compris les enjeux.

L'épreuve est avant tout expérimentale : le candidat doit reproduire des mesures durant son exposé. Il ne peut pas se contenter d'expliquer, à l'oral, ce qu'il a fait en préparation.

Trop de candidats ont une maîtrise très insuffisante des conversions d'unités : passage de mm en m, de $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, etc. Il en est de même d'outils mathématiques de base : écriture scientifique, règle de trois, différence entre un angle en degrés et un angle en radians, surfaces et volumes de formes simples (pour une sphère par exemple). Cela engendre de grosses difficultés dans l'exploitation des résultats.

Trop peu de candidats représentent la situation étudiée à l'aide de schémas (en physique) ou de réactions support (en chimie) : cela aide pourtant à faire le lien entre les manipulations et la démarche conduisant à la résolution de la problématique. Cet effort d'appropriation permet souvent de comprendre la modélisation suggérée pour l'interprétation des mesures expérimentales. Le jury constate que les candidats qui présentent des informations pertinentes exposées par écrit, en lien avec des connaissances théoriques, réussissent souvent à proposer un discours efficace.

Les valeurs expérimentales obtenues doivent être écrites, plutôt que citées. Cela aide à l'échange ; de même pour les schémas des montages.

Les candidats choisissent, en fonction de leur degré de maîtrise, différents logiciels pour présenter leurs résultats (LibreOffice, Regressi, Latis Pro, Python, etc.). Le jury n'a pas d'attente spécifique sur ce point et s'adapte à leurs choix.

Il est attendu que chaque résultat soit exprimé avec un nombre de chiffres significatifs adapté, en cohérence avec l'incertitude. En particulier, le traitement des incertitudes peut être réalisé par un script Python à l'initiative du candidat ou en utilisant le fichier prérempli mis à disposition ou encore avec le logiciel GUM-MC. L'unité des grandeurs mesurées ou calculées doit apparaître clairement.

La plupart des codes Python proposés reposent sur la méthode de Monte-Carlo. Leur usage maîtrisé a donné lieu à de belles prestations.

Le temps accordé au volet sur les incertitudes doit rester raisonnable afin de ne pas dénaturer l'épreuve expérimentale et de permettre une évaluation sur l'ensemble des compétences de la démarche scientifique.

Il convient d'éviter quelques formulations maladroites, comme l'emploi du possessif pour désigner le matériel utilisé (« *mon bécher* », « *ma lentille* », etc.) ou encore la confusion entre « *calcul* » et « *mesure* ».

Il est conseillé au candidat d'adopter une posture dynamique en s'adressant au jury.

Remarques spécifiques à la discipline majeure chimie

Le candidat trouve sur la paillasse de la salle de préparation le matériel et les produits nécessaires à son sujet, ainsi que parfois du matériel supplémentaire disposé à demeure. Pour autant, ce n'est pas parce qu'un pH-mètre est présent que le sujet nécessite un dosage avec suivi pH-métrique ; la présence d'un banc Kofler ne signifie pas nécessairement l'attente de la mesure d'un point de fusion.

En cas de besoin, le personnel technique est disponible pendant la phase de préparation : les candidats peuvent librement demander un complément de matériel, de produit chimique, de solution, etc. et il répond à cette demande selon la réelle nécessité.

Les gants sont fournis : plusieurs paires peuvent être demandées dans la mesure où leur utilisation se fait à bon escient.

Des documents sont systématiquement mis à disposition : tableau périodique, données, formulaire pour les calculs d'incertitudes, notices des appareils de mesure. Parfois, des indications sur les montages sont fournies par le personnel de laboratoire. Quelques maladresses pourraient être évitées (plonger une seule électrode au lieu des deux nécessaires à la mesure d'une différence de potentiel, oublier d'enlever le capuchon d'une électrode, ne pas adapter correctement le ballon au réfrigérant, etc.). Une lecture attentive des notices permet une bonne appropriation du matériel.

De très belles prestations ont été observées pour cette épreuve inédite, ce qui a été très apprécié du jury. Le jury salue tout particulièrement les candidats capables de poursuivre leur explication tout en manipulant.

Le jury tient à signaler l'importance de garder à l'esprit la problématique et d'y répondre en utilisant les expressions mathématiques fournies dans le sujet, même si les démonstrations de celles-ci ne sont pas abouties.

Des candidats se sont retrouvés en grande difficulté du fait, soit d'une maîtrise insuffisante des manipulations élémentaires associées à leur vocabulaire (verrerie, techniques de suivi, noms des espèces chimiques courantes⁶, etc.), soit par manque de recul sur les raisonnements (dosage indirect, iodométrie, différence entre pile et électrolyse, entre acide-base et oxydoréduction, méconnaissance des mécanismes en chimie organique, etc.).

Comme cela peut être attendu, un grand nombre de sujets font intervenir un ou plusieurs dosages. Diverses problématiques les concernant sont relevées :

- les candidats connaissent le plus souvent assez bien les critères d'une réaction support de titrage, mais ils rencontrent des obstacles majeurs dans le calcul de la constante thermodynamique d'équilibre associée. Une erreur fréquente consiste à confondre les concentrations initiales et les concentrations à l'équilibre, ce qui conduit à des interprétations erronées et parfois graves. Par ailleurs, les données thermodynamiques fournies (pK_a , E° , etc.) ne sont pas toujours exploitées pour estimer la constante thermodynamique d'équilibre de la réaction étudiée, alors qu'elles pourraient faciliter cette étape ;
- de nombreux titrages, souvent indirects, reposent sur des réactions d'oxydo-réduction. Une analyse rigoureuse des diagrammes potentiel-pH permet généralement d'en interpréter les résultats à condition d'identifier correctement les espèces mises en jeu, ainsi que leurs proportions relatives (par exemple en cas d'excès) ;
- la notion d'équivalence est souvent confuse. Le jury relève des erreurs récurrentes sur l'écriture de la relation à l'équivalence d'un titrage lorsque des coefficients stœchiométriques différents de l'unité interviennent ;

⁶ Par exemple : formule de l'anhydride acétique, propriété des ions thiosulfates, savoir nommer différents acides forts...

- il est regrettable de constater que, parfois, la constante d'acidité est associée à une équation support de titrage ;
- le choix de l'indicateur coloré à partir des données de l'énoncé pose souvent problème et complique l'exploitation des dosages, en particulier lorsqu'il s'agit de réactions de complexation ;
- l'exploitation des courbes de dosage est perfectible, que ce soit pour la détermination du volume équivalent ou pour l'interprétation (voire la prévision) des courbes tracées.

Les futurs candidats sont invités à bien identifier le vocabulaire lié aux incertitudes : la distinction entre tolérance et incertitude est insuffisamment connue. La notion de verrerie IN et EX est souvent présentée, mais sans connaissance des précautions expérimentales qui en découlent. De plus, l'incertitude de « type A » ne doit pas être confondue avec la verrerie de « Classe A ». Le jury conseille aux candidats d'identifier les sources d'incertitudes avant de réaliser tout calcul. En particulier, un effort peut être mené sur l'évaluation de l'incertitude associée au volume équivalent au regard de la méthode choisie.

La connaissance des principes et mises en œuvre des différentes techniques liées aux synthèses (montage à reflux, filtration, lavage, recristallisation, CCM, etc.) est attendue, ainsi que les précautions associées (attention aux fioles à vides non maintenues par une pince). La technique de la « goutte d'eau », afin de vérifier les positions relatives des phases aqueuses ou organiques, est appréciée du jury, mais une justification à l'aide des densités doit compléter le raisonnement. L'interprétation des résultats de CCM est souvent correcte.

Les candidats n'arrivent pas toujours au terme des manipulations demandées. Ce n'est pas forcément pénalisant sous réserve d'une bonne évaluation sur l'ensemble des compétences de la démarche scientifique.

Lors des échanges, le jury apprécie la réactivité du candidat et valorise les bonnes analyses et compréhension de la problématique proposée.

Le jury pose presque systématiquement une question relative à la sécurité et/ou aux bonnes pratiques au laboratoire de chimie. L'utilisation des gants doit être raisonnée. À ce sujet, le jury rappelle que le port de faux ongles n'est pas adapté au contexte de l'épreuve.

Remarques spécifiques à la discipline majeure physique

Les sujets de physique sont variés : ils couvrent de nombreux points du programme. Le jury constate sur chaque thème un étalement des notes avec de très belles prestations où les candidats ont pu aller au terme du questionnement avec des temps d'exposé et d'entretien remarquables de qualité.

Les résultats théoriques clés pour les manipulations sont tous donnés : il faut cependant être en mesure d'expliquer les phénomènes observés.

Le jury propose dans la suite quelques remarques par thématiques.

Incertitudes

Il est essentiel d'identifier les biais systématiques des expériences avant d'évaluer les incertitudes, car la méthode utilisée et l'appareil employé influencent souvent leur détermination. L'incertitude peut dépendre de l'instrument ou de la méthode de mesure, et cet aspect ne doit pas être sous-estimé.

Il faut veiller à exprimer le résultat en tenant compte de l'incertitude associée, sans omettre l'unité de l'incertitude-type.

Pour comparer une valeur mesurée à une valeur tabulée ou à un autre résultat expérimental, il est conseillé d'utiliser l'écart normalisé (z-score).

Lors d'un calcul d'incertitude-type composée, comparer les incertitudes-types relatives des différentes mesures permet d'identifier la ou les source(s) principale(s) d'incertitude.

Optique

Il convient de prêter soin aux conditions expérimentales : il faut réaliser les mesures dans des conditions contrôlées (volets fermés, éclairage adapté). Une lampe de bureau est mise à disposition pour éviter de se déplacer dans l'obscurité après avoir éteint les lumières de la salle. Les éléments du montage doivent être alignés lorsque nécessaire.

Les schémas des rayons lumineux doivent être précis, avec un sens de propagation clair. Un tracé à main levée est tout à fait acceptable s'il reste cohérent.

Il est nécessaire de maîtriser le lien entre distance focale et vergence pour sélectionner les lentilles adaptées. Les termes focale, distance focale, foyers objet et image sont à distinguer. La méthode d'autocollimation est à connaître et à savoir mettre en œuvre. L'intérêt des conditions de Gauss doit pouvoir être expliqué.

La différence doit être faite entre les distances positives et les longueurs algébriques qui ont un signe. Il faut alors préciser le sens d'algébrisation choisi.

Dans le registre de la précision de la mesure, le jury rappelle que, sur un banc d'optique, l'incertitude sur les relevés de distance peut être bien supérieure à la graduation du banc. L'évaluation doit refléter la réalité des mesures. Pour mesurer un interfrange, il est préférable de privilégier la mesure sur un grand nombre de franges. Pour les figures de diffraction, il faut aussi penser à utiliser les taches secondaires pour améliorer la précision.

Mécanique

Lors d'un montage de mécanique, une représentation des forces sur un schéma est nécessaire pour clarifier le raisonnement.

Le jury constate des confusions entre la poussée d'Archimède et la force de frottement visqueuse.

Les mouvements étudiés ne sont pas toujours uniformes : il faut donc bien différencier la vitesse moyenne de la vitesse instantanée.

Les conversions d'unités méritent comme déjà dit une attention particulière, en particulier dans les calculs impliquant la masse volumique.

Le phénomène de résonance doit pouvoir être reconnu et expliqué par le candidat.

Électricité

Le candidat doit assurer une bonne organisation des montages qu'il réalise. Pour faciliter la compréhension par le jury, il doit choisir judicieusement la couleur des câbles électriques. Il est conseillé de réserver les câbles noirs à la connexion de la masse (à bien identifier).

Le multimètre doit être employé avec le bon mode (DC ou AC) et un choix adapté de calibre.

Les réglages de base de l'oscilloscope sont en général bien connus (réglage de la base de temps, de l'amplitude, touche mesure). Cependant, les fonctions avancées le sont moins (mesure par curseurs, enregistrement unique, déclenchement). Si on utilise la fonction de mise à l'échelle automatique (« autoscale »), il faut être capable d'expliquer les réglages appliqués.

Le jury attend du candidat la bonne maîtrise du GBF, y compris en distinguant les sorties « Output » et « Output TTL ». La notion de résistance interne d'un GBF est à connaître avec son modèle associé (modèle de Thévenin : résistance en série avec une source de tension idéale) et il est important de comprendre les implications de ce modèle.

La détermination d'un temps caractéristique peut être demandée à partir de la modélisation d'une partie de courbe, ce qu'il faut savoir faire à l'aide de l'outil informatique (plusieurs logiciels de traitement à disposition le permettent, comme Latis Pro).

La notation complexe pour les études en régime sinusoïdal forcé, essentielle pour analyser les fonctions de transfert et les diagrammes de Bode, est à maîtriser. L'allure des diagrammes de Bode pour les filtres simples des 1^{er} et 2^e ordres (passe-haut, passe-bas, passe-bande) font partie des attendus.

Ondes

Les expériences sur les ondes mécaniques sont globalement bien comprises par les candidats. Le jury constate quand même parfois des confusions entre période temporelle et longueur d'onde. De plus, lorsque l'expression modélisant les franges d'interférences est connue, des candidats ne parviennent pas à faire le lien entre les grandeurs qui y interviennent et les observations expérimentales.

Thermodynamique

Lors des expériences de mesure de pression dans les fluides, une attention particulière est portée sur la position du point de mesure.

Dans les expériences de calorimétrie, même si les relations sont données, une interprétation en termes de bilan est attendue. Peu de candidats savent discuter les pertes thermiques d'un calorimètre et, plus globalement, citer les différents modes de transfert thermique.

La planification des tâches sur les manipulations de calorimétrie est souvent insuffisante et conduit à des écarts expérimentaux conséquents avec les valeurs attendues.

Trop de candidats se limitent à une estimation de l'incertitude-type des mesures de température à 0,1 °C, le thermomètre affichant la température avec une seule décimale.

4.2 Constats et conseils pour la seconde épreuve d'admission

La description et les conditions générales de l'épreuve

L'épreuve consiste en un entretien avec le jury en cohérence avec la définition officielle rappelée *supra* qui décrit son déroulé et les attendus. Elle fait suite à un accueil par l'équipe de surveillants qui récupèrent tous les matériels non autorisés : ce sont les mêmes que pour la première épreuve d'admission, à ceci près que le candidat ne prend pas non plus de matériel d'écriture avec lui.

Sur l'ensemble de l'épreuve, le candidat est placé dans une situation favorable aux échanges. Il peut s'asseoir face au jury, à une table sur laquelle sont mises à disposition une feuille de brouillon et un stylo qu'il peut librement utiliser.

L'épreuve se déroule intégralement à l'oral. En particulier, les questions – générale et contextualisée – de la seconde partie de l'entretien sont communiquées oralement par le jury et non proposées sur un document écrit.

Concernant la première partie de l'épreuve d'entretien (15 minutes)

La présentation du candidat (5 minutes maximum)

Le premier temps de passage de l'épreuve consiste en une présentation de cinq minutes de la motivation du candidat, des éléments de son parcours et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au

concours. Les candidats respectent globalement le temps imparti grâce à, visiblement, une bonne préparation en amont de l'épreuve. Une présentation trop courte, trois minutes par exemple, est perçue comme mal anticipée.

Il est attendu au cours de ce temps que les candidats présentent des éléments saillants de leur parcours. La majorité s'est appuyée sur un parcours de lycéen et/ou d'étudiant ; certains ont partagé des expériences professionnelles diverses, qu'il s'agisse d'emplois (ingénieur, enseignant contractuel, etc.) ou de « job » étudiant.

Les aspects disciplinaires et l'envie de transmettre restent au cœur des motivations et la perception du métier de professeur de physique-chimie est globalement réaliste. La figure modèle de l'enseignant ayant marqué le parcours personnel des candidats est très fréquemment citée.

La présentation des candidats permet au jury de prendre connaissance du parcours et aussi d'observer la manière d'être du candidat. Un professeur s'adresse sans cesse à un large public : il doit faire preuve d'assurance, de conviction et le jury a eu le plaisir d'écouter de nombreuses prestations dans cette dynamique, avec des propos fluides, préalablement préparées, avec quelques conclusions néanmoins un peu convenues. Le jury a apprécié les présentations vivantes et sincères menées par de nombreux candidats.

Quelques remarques et conseils

Le candidat doit être vigilant quant à sa prise de parole : les débits trop rapides rendent l'écoute difficile, ceux trop lents créent de l'ennui ; une voix quasi-inaudible ne peut être celle d'un futur professeur. Le jury conseille aux candidats de s'assurer, grâce à des présentations entre pairs par exemple, que le discours est audible et si nécessaire, un travail sur la voix est à envisager. La présentation implique une hiérarchisation et une structuration des propos. Il faut néanmoins veiller à ne pas trop théâtraliser le discours au risque de perdre l'authenticité de la prestation.

Les éléments présentés ne sont pas toujours reliés directement à la motivation professionnelle pour le métier d'enseignant, ce qui constitue un point de vigilance. Le candidat doit sélectionner dans son parcours des éléments en lien avec une future carrière d'enseignant. Cette partie de l'épreuve permet d'amorcer des échanges constructifs avec le jury.

Le jury a bien conscience que nombre de candidats n'ont pas d'expérience dans l'enseignement et a apprécié toute l'appropriation qui en a été faite lorsqu'elle est présente. *A contrario*, il regrette le peu d'appui et l'analyse très pauvre, par certains candidats, sur les stages effectués dans des classes de collège ou de lycée dans le cadre de leurs études, seuls moments de découverte de la réalité des classes.

Toutefois, la mise en perspective explicite de l'expérience du candidat, quelle qu'elle soit, avec le métier est un atout. Faire montre de ses connaissances est louable. Pour autant, émailler son discours de multiples éléments conceptuels prend toute sa pertinence dès lors que le candidat y fait référence à bon escient et dans une perspective argumentative.

Le jury n'attend pas un message stéréotypé que le candidat ne s'est pas approprié. Il est sensible à la sincérité du propos, à la réactivité en lien avec les capacités d'analyse.

Les échanges avec le jury à la suite de la présentation (10 minutes)

Les échanges reposent sur la présentation du candidat et durent 10 minutes. L'entretien permet tout d'abord au jury d'approfondir la connaissance du parcours du candidat. Ce temps est particulièrement propice à questionner sa motivation et sa projection dans le métier. Cette projection se fait le plus souvent à partir de souvenirs d'élèves, plus ou moins représentatifs, quelquefois idéalisés ; c'est parfois le seul lien évoqué avec l'enseignement.

D'autres ont pu, en s'engageant en amont vers la voie de l'enseignement, suivre des stages d'immersion dans des classes de collège et/ou de lycée. Cela leur a permis de s'appuyer sur une expérience vécue, comme observateur la plupart du temps et aussi comme professeur face à des élèves en assurant une ou deux séances. L'aspect « *projection dans le métier* » est ainsi facilité, même s'il est balbutiant à ce stade.

Le jury s'est étonné de découvrir assez souvent des éléments nouveaux du parcours du candidat qui auraient constitués tout ou partie des points saillants attendus dans sa présentation initiale.

Quelques remarques et conseils

Si le jury a parfaitement conscience que le candidat n'a pas systématiquement une connaissance des élèves et des pratiques pédagogiques attendues, il attend néanmoins que celui-ci ait une connaissance minimale du fonctionnement d'un établissement, du rôle de personnes « clés » (infirmier, CPE, AED, psy-EN, professeur principal, coordonnateur, etc.).

Connaître quelques dispositifs (Parcours éducatifs, Devoirs faits, etc.) est un plus apprécié si le candidat est capable d'en présenter les objectifs.

Le discours et les réponses, relatifs aux spécificités d'un professeur de physique-chimie, doivent aller au-delà de la seule transmission de connaissances : le candidat doit développer cet aspect, essentiel, et le jury conseille la lecture de quelques préambules des programmes disciplinaires, très éclairants. Il y trouvera que la démarche scientifique et l'aspect expérimental sont des éléments à mettre en avant, en lien avec la formation du citoyen notamment.

Le jury a également apprécié des éléments de didactique de la physique-chimie évoqués par certains candidats du moment qu'ils ont été capables d'en parler de façon non superficielle.

Concernant la deuxième partie de l'épreuve d'entretien (20 minutes)

La question générale et la question contextualisée

La deuxième partie de l'épreuve s'appuie sur l'analyse d'une question générale et d'une question contextualisée. Ces dernières sont relativement courtes et directes pour l'appropriation. Elles ouvrent des champs larges pour nourrir les échanges avec le candidat : elles sont propices à tester la compréhension des valeurs de la République, la posture et la faculté d'analyse des situations.

Quelques remarques et conseils

De nombreux candidats ont préparé ce temps de l'épreuve en s'appuyant sur les recommandations issues du site *Devenir enseignant*, ce qui est encouragé. Ils sont alors globalement bien préparés et ne sont pas surpris de son déroulement. La plupart d'entre eux parviennent à déployer un raisonnement en mobilisant à bon escient des connaissances du système scolaire. Le jury précise cependant qu'il n'attend pas un développement de niveau expert sur chacune des questions, mais une première réflexion argumentée qui sert de base aux échanges.

Il importe en premier lieu d'identifier et de définir avec précision ce que recouvrent les termes de la question et les notions auxquels ils renvoient. Le jury a pu parfois remarquer que le candidat ne retenait que quelques mots de l'énoncé, conduisant à ne pas traiter la problématique première. Pour cette raison, celui-ci ne doit pas hésiter à utiliser la feuille de brouillon à disposition et à prendre un court temps de réflexion avant d'initier sa réponse au jury.

Si les valeurs de la République sont systématiquement citées, le jury attend que le candidat soit en mesure de définir chacune d'elles et d'en saisir les enjeux, notamment à l'École. Il en va de même pour ce qui concerne la laïcité. De façon générale, connaître le vocabulaire, avoir des éléments de langage,

ne suffisent pas à convaincre le jury qui attend une maîtrise ou une connaissance minimale de ces sujets.

D'une manière générale, le jury invite les candidats à éviter un raisonnement qui serait un peu trop stéréotypé. Il est attendu une appropriation plus personnelle des notions abordées, afin de leur donner sens. L'échange permet de plus d'appréhender plus précisément les enjeux qui traversent les questions.

Le jury constate par ailleurs que certains champs d'interrogation – comme la contribution à la transition écologique – sont parfois abordés de manière artificielle par rapport à la nature des échanges. Il est rappelé que la charte de l'environnement fournit un premier cadre d'analyse. Il peut également être intéressant de consulter le guide pour agir pour la transition écologique dans les écoles, collèges et lycées disponible sur Éduscol.

L'égalité filles-garçons est une thématique globalement bien cernée par les candidats. Si faire référence à des figures féminines scientifiques constitue une entrée possible, il est important de développer une culture générale autour des femmes scientifiques contemporaines (sans négliger la dimension proximité). Celles-ci constituent un point d'appui certainement plus motivant et éclairant que l'exemple classique de Marie Curie datant du début du XX^e siècle.

Il apparaît également que les candidats sont moins à l'aise avec ce qui relève des devoirs et des droits du fonctionnaire. Le jury attend une connaissance minimale des textes réglementaires.

Le jury conseille, en particulier pour ce qui relève de la question générale, à ne pas hésiter à la traiter si nécessaire en introduisant des distinctions entre le contexte collège et le contexte lycée.

En outre, les candidats ne doivent pas confondre leurs convictions personnelles et les missions du professeur.

Enfin, il est rappelé que les questions posées par le jury ont pour objectifs de permettre aux candidats de préciser et d'approfondir leurs propos. Une posture de dialogue autorisant l'avancée dans la réflexion est de nature à mettre en valeur les compétences évaluées.

5 Exemples de sujets des épreuves d'admission

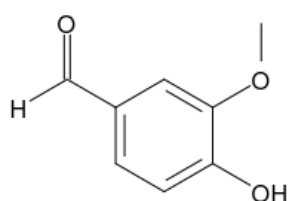
Cette partie précise des exemples de sujets posés lors de la session 2026 des concours du CAPES externe et du CAFEP-CAPES bac +3 de la section physique-chimie. Leur présentation a été adaptée à la mise en forme de ce rapport, sans changement de fond.

5.1 Sujet de la première épreuve d'admission pour la majeure chimie

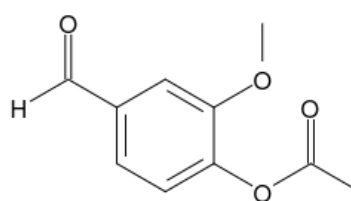
Problématique

L'acétate de vanilline est obtenu par acylation de la vanilline. Le mode opératoire proposé permet-il d'isoler le composé pur avec un rendement satisfaisant ?

Documents utiles pour répondre à la problématique



vanilline



acétate de vanilline

- En notant HVan la vanilline et Van⁻ sa base conjuguée, la constante d'acidité du couple HVan(aq)/Van⁻(aq) vaut $pK_a = 7,4$ à 25 °C.
- Solubilité de la vanilline dans l'eau à 25 °C : 10 g · L⁻¹.
- Densité de la solution d'hydroxyde de sodium à 10 % en masse : 1,109.
- Données sur les réactifs et produits :

	Hydroxyde de sodium	Vanilline	Acétate de vanilline	Anhydride éthanoïque
Formule brute	NaOH	C ₈ H ₈ O ₃	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	C ₄ H ₆ O ₃
<i>M</i> (g · mol ⁻¹)	40,0	152,13	194,18	102,09
Densité				1,08
<i>T</i> _{fusion} (°C)		82	78	

Manipulation 1 – Manipuler avec des gants

- Dans un erlenmeyer de 250 mL muni d'un barreau aimanté, introduire environ exactement 3 g de vanilline, 50 mL de solution d'hydroxyde de sodium à 10 % en masse puis 60 mL d'eau glacée.
- Fixer l'erlenmeyer plongé dans un bain d'eau glacée sur un agitateur magnétique.

- Avec précautions, introduire 8 mL d'anhydride éthanoïque. Boucher l'ermeneyer puis laisser sous agitation dans le bain froid pendant 20 min.
- Essorer le solide obtenu sur Büchner. Le laver avec trois fois 10 mL d'eau glacée.

Manipulation 2

- Recristalliser la moitié du produit brut obtenu dans un mélange eau/éthanol dans les proportions 4V/1V.

Manipulation 3

Vérifier la pureté du produit obtenu :

- Réaliser une chromatographie sur couche mince. L'éluant utilisé est un mélange cyclohexane/acétate d'éthyle (=éthanoate d'éthyle) dans les proportions 2V/1V et, pour les dépôts, les solides dissous dans l'acétate d'éthyle. Révélation sous UV.
- Mesurer la température de fusion du solide.

Questionnement

- En précisant les équations des réactions qui modélisent la transformation réalisée, déterminer le rendement de cette synthèse.
- À partir des résultats obtenus, répondre à la problématique.

Rappel : un résultat quantitatif intermédiaire ou final est attendu, associé à une incertitude ou à un écart normalisé.

Fournis avec le sujet : kit matériel de chimie organique, produits chimiques utiles et données de sécurité (pictogrammes, phrases H et P).

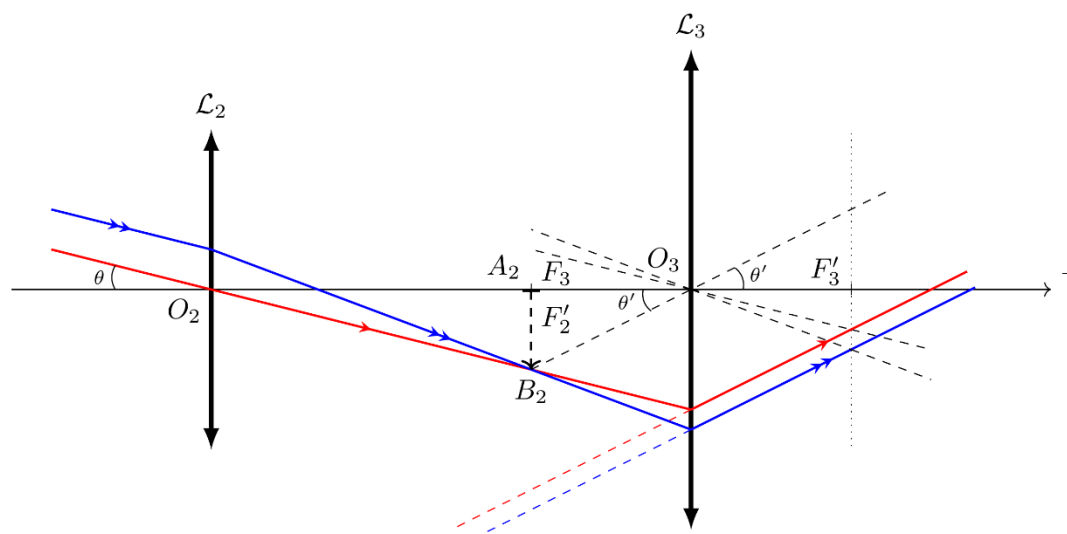
5.2 Sujet de la première épreuve d'admission pour la majeure physique

Problématique

Quels sont les avantages d'une lunette de Galilée par rapport à une lunette de Kepler ?

Documents utiles pour répondre à la problématique

Document n° 1 – Marche des rayons lumineux à travers une lunette de Kepler



Document n° 2 – Grossissement d'une lunette

Dans cet énoncé, on fait le choix de ne pas orienter les angles ; le grossissement d'une lunette est donc toujours positif et est défini comme le rapport :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}.$$

θ' est l'angle sous lequel l'image définitive A'B' est vue à travers la lunette et θ est l'angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu.

Dans le cas d'une lunette afocale, le grossissement s'écrit :

$$G = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}.$$

f'_{ob} est la distance focale de l'objectif ; f'_{oc} est la distance focale de l'oculaire.

Construction de la lunette

Expérience 1 : objet à l'infini et œil réduit

1^{re} série de manipulations

1. Par auto-collimation, placer la lentille $\mathcal{L}_1$ pour permettre de simuler un objet à l'infini.
2. En déduire la valeur de la distance focale f'_1 de la lentille $\mathcal{L}_1$.
3. Réaliser, sur le banc, un œil réduit à l'aide de la lentille $\mathcal{L}_5$ et de l'écran millimétré. Placer l'œil réduit à la suite de $\mathcal{L}_1$ afin d'obtenir une image nette sur l'écran.
4. Mesurer la taille de l'image observée.

Exploitations attendues

- Associer chaque constituant de l'œil réduit à l'œil réel.
- Déterminer la valeur de l'angle θ sous lequel est vu l'objet.

Expérience 2 : image intermédiaire

2^e série de manipulations

1. Mettre de côté le modèle de l'œil réduit.
2. Par une méthode au choix, déterminer si les lentilles $\mathcal{L}_2$ et $\mathcal{L}_3$ sont convergentes ou divergentes.
3. Identifier le rôle que joue chaque lentille (oculaire ou objectif) dans la lunette.
4. Construire la lunette afocale à la suite de l'objet à « l'infini ».
5. Observer l'image obtenue à travers cette lunette astronomique.

Il est demandé au candidat de reproduire cette manipulation devant le jury au cours de son exposé.

6. Positionner l'écran pour observer l'image intermédiaire donnée par l'objectif et mesurer la distance objectif-image intermédiaire.

Exploitations attendues

- Caractériser l'image observée à travers la lunette astronomique.
- Justifier la position et le sens de l'image intermédiaire.

Expérience 3 : détermination de la valeur du grossissement

3^e série de manipulations

1. Enlever l'écran, puis placer le modèle de l'œil réduit à la suite de la lunette afocale.
2. Mesurer la taille de l'image $A''B''$ sur l'écran de l'œil réduit.
3. En déduire la valeur de l'angle θ' sous lequel l'image définitive $A'B'$ est vue à travers la lunette (voir schéma du document n° 1).
4. Déterminer la valeur du grossissement.

Exploitation attendue

- Utiliser le fichier Python `O2_Grossissement.py` à disposition pour évaluer l'incertitude-type associée à cette mesure et comparer la valeur obtenue avec celle calculée à partir des distances focales.

Comparaison avec la lunette de Galilée

Expérience 4 : changement d'oculaire

4^e série de manipulations

1. Remplacer la lentille convergente qui joue le rôle de l'oculaire par la lentille divergente $\mathcal{L}_4$ et mesurer la distance objectif-oculaire de cette lunette lorsqu'elle est réglée pour une observation à l'infini.
2. Observer à l'œil l'image formée à travers la lunette, puis, à l'aide du modèle de l'œil réduit, projeter cette image sur l'écran.

Exploitation attendue

- Commenter l'image obtenue à travers la lunette de Galilée.
- Lister les différences observées entre la lunette de Kepler et celle de Galilée et répondre à la problématique de l'introduction.

Fournis avec le sujet : kit matériel (banc d'optique, source avec condenseur intégré, objet, miroir plan, écran, lentilles $\mathcal{L}_1$ à $\mathcal{L}_5$ de distances focales inconnues pour les trois premières, etc.) et le fichier Python `O2_Grossissement.py` suivant pour estimer l'incertitude sur G par la méthode de Monte Carlo.

Code présent dans le fichier Python `O2_Grossissement.py`

```
1  # Importation des bibliothèques
2  import math
3  import numpy as np
4  import matplotlib.pyplot as plt
5
6  #####
7  ### Lignes 11 à 16 à compléter
8  #####
9
10 # Hauteurs de l'objet et de l'image
11 h_objet = # Hauteur de l'objet en mm (sur la rétine de l'oeil réduit sans lunette)
12 h_image = # Hauteur de l'image en mm (sur la rétine de l'oeil réduit à travers la
            lunette)
13 foeil = # Distance focale de l'oeil réduit en mm
14
15 # Demi-largeur des intervalles autour de la valeur de la hauteur mesurée
16 Deltah = # Valeur en mm
17
18 # Fonction permettant de calculer le grossissement G à partir des mesures de AB et
    A'B'
19 def grossissement(h_obj, h_im):
20     return math.atan(h_im / foeil) / math.atan(h_obj / foeil)
21
22 # Nombre de simulations à effectuer
23 N = 10000
24
25 # Simulation MC avec une distribution de probabilité uniforme
26 G = [] # Initialisation de la liste des valeurs de G
27
28 for i in range(0, N):
29     # Tirage aléatoire de valeurs de h_objet et de h_image dans les intervalles
        définis précédemment
30     h_obj = np.random.uniform(h_objet - Deltah, h_objet + Deltah)
31     h_im = np.random.uniform(h_image - Deltah, h_image + Deltah)
32     # Création de la liste de valeurs de G résultant
33     G.append(grossissement(h_obj, h_im))
34
35 # Tracé de l'histogramme permettant de visualiser la distribution des valeurs de f'
36 plt.hist(G, bins='rice')
37 # Python utilise la règle de Rice pour trouver le nombre d'intervalles de
    l'histogramme ; on peut modifier cette valeur, par exemple avec le choix bins = 15
38 plt.title("Résultat du tirage aléatoire des grossissements après simulation")
```

```

39 plt.xlabel("G")
40 plt.show()
41
42 # Calcul et affichage de la valeur moyenne et de l'incertitude-type de G
43 Gmoy = np.mean(G) # Valeur moyenne des valeurs de G
44 uG = np.std(G, ddof=1) # Écart-type de la distribution des valeurs de G
45 # ddof = 1 permet de calculer l'écart-type de G avec le facteur N-1.
46 print("Valeur moyenne du grossissement : Gmoy = {:.2G}".format(Gmoy))
47 print("Incertitude-type sur cette valeur : uG = {:.1G}".format(uG))
48 # L'instruction {:.xG}.format(grandeur) indique un format avec x décimales pour
   grandeur
49 print("Le grossissement de cette lunette est estimé à {:.2G}".format(Gmoy), " avec
   une incertitude-type de {:.1G}".format(uG))

```

5.3 Questions proposées à la seconde épreuve d'admission

Question générale

Énoncé de la question

En quoi l'enseignement des sciences permet-il de développer la coopération entre les élèves ?

Pistes de réflexion non exhaustives en relation avec la question, à l'attention des futurs candidats

- Les pratiques collaboratives en classe.
- La construction du savoir scientifique et ses aspects coopératifs.
- Les valeurs mises en jeu (fraternité, etc.).
- Le rôle du professeur dans l'éducation des élèves.

Question contextualisée

Énoncé de la question

Dans le cadre de l'enseignement de spécialité de physique-chimie en terminale, un professeur présente une synthèse écoresponsable de composés organiques. Des élèves affirment que l'industrie chimique sera toujours polluante et ne sera jamais « verte ».

Qu'en pensez-vous ?

Pistes de réflexion non exhaustives en relation avec la question, à l'attention des futurs candidats

- Les principes de la chimie verte et ses applications en classe de physique-chimie.
- Les enjeux de la transition écologique.
- La formation du citoyen.
- Les missions de l'enseignant de physique-chimie.