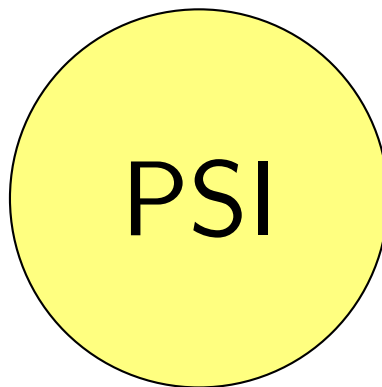


# CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

**Rapport du jury**



**2022**

# Table des matières

Table des matières	i
Avant-propos	iii
Chiffres généraux	iv
<b>Épreuves d'admissibilité</b>	
Table des matières	1
Résultats par épreuve	2
Rédaction	12
Mathématiques 1	16
Mathématiques 2	19
Physique-chimie 1	23
Physique-chimie 2	29
Sciences industrielles de l'ingénieur	33
Informatique	37
Allemand	40
Anglais	43
Chinois	49
Italien	51
Russe	54
<b>Épreuves d'admission</b>	
Table des matières	1
Résultats par épreuve	2
Mathématiques	19
Physique-chimie	26
Travaux pratiques de physique-chimie	33
Sciences industrielles de l'ingénieur	44
Entretien scientifique (Arts et Métiers)	56
Allemand	69
Anglais	72

Chinois	75
Espagnol	78
<b>Épreuves d'admission à l'École navale</b>	
Table des matières	1
Physique	2
Sciences industrielles de l'ingénieur	4
Anglais	7

## Avant-propos

La session 2022 s'est déroulée de manière très satisfaisante malgré un contexte un peu difficile. Tout d'abord, la crise sanitaire est toujours présente. Il nous a fallu beaucoup de réactivité pour pallier les absences ponctuelles d'examineurs touchés par la covid au cours des épreuves orales. Cela d'autant plus que le nombre d'admissibles a considérablement augmenté et que nous sommes à la limite de la saturation. Les difficultés actuelles de recrutement universitaire et à l'étranger sont compensées par une augmentation du recrutement CPGE.

Heureusement, le secrétariat du concours a encore et toujours été omniprésent et disponible pour régler le plus rapidement possible les problèmes dès leur apparition. Je tiens à leur adresser mes remerciements les plus chaleureux et toute ma gratitude.

Les épreuves d'admissibilité se sont déroulées sans anicroche particulière. Les sujets, de qualité comme toujours, n'ont pas fait apparaître de coquilles significatives. Que leurs promoteurs et les superviseurs soient remerciés pour leur travail et leur attention particulière.

Les épreuves d'admission ont laissé apparaître cette année un comportement légèrement différent des candidats. Si certains ne connaissent toujours pas exactement le format des épreuves (avec ou sans préparation par exemple) et les attentes du jury, le jury a pu constater, de manière plus prégnante que les années précédentes, un manque de combativité et de pugnacité et surtout un rapport avec les horaires assez fluctuant. Or, compte tenu du nombre d'admissibles, il n'est pas possible d'accepter de retard. Une baisse de l'aisance dans la pratique expérimentale a aussi été constatée. Le contexte dans lequel s'est déroulée la préparation au concours n'y est sans doute pas étranger.

Je profite de cet avant-propos, et avec le recul qui est le mien, pour affirmer que l'ingénierie pédagogique mise en œuvre au concours Centrale-Supélec est remarquable. Elle est le fruit d'échanges constants et permanents entre le secrétariat du concours, les superviseurs, les chefs de groupe, les correcteurs et les examineurs. L'élaboration des sujets d'écrit et d'oral et leur évaluation font l'objet de réunions et de réflexions intenses qui ont pour objectif :

- d'élaborer des sujets, certes conformes au programme, mais qui développent des compétences très recherchées chez les ingénieurs ;
- de faire en sorte que l'évaluation ne dépende pas de la sensibilité des correcteurs et soit univoque et sans ambiguïté.

La session 2023 va évoluer à minima pour s'adapter aux nouveaux programmes et horaires. Une réflexion sera cependant conduite, au cours de l'année qui vient, sur l'évolution du concours. Il est, en particulier, pertinent de s'interroger sur l'intérêt de proposer 16 épreuves pour recruter un élève-ingénieur. Un recrutement est organisé pour la nouvelle filière MPI. Les nombres de places des filières MPI et MP seront adaptées en proportion du nombre d'étudiants inscrits dans chaque filière.

Pour conclure, je souhaite que ce rapport soit une aide précieuse pour les futurs candidats et leurs professeurs pour préparer le concours Centrale-Supélec. Que ces derniers soient remerciés pour les compétences qu'ils font acquérir aux étudiants de CPGE. Les écoles, affiliées au concours Centrale-Supélec, sont particulièrement satisfaites, de leur recrutement.

**Norbert Perrot**  
*Président du jury*

*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.*

## Chiffres généraux

### Concours ouverts à tous

École	Inscrits	Admissibles		Dernier entré	
		barre	nombre	rang	points
Centrale Casablanca	554	1200	91	—	—
Centrale Lille	3080	1240	892	664	2512,90
Centrale Lyon	3093	1355	638	514	2667,10
Centrale Marseille	2864	1078	1152	880	2256,60
Centrale Nantes	3116	1220	1033	667	2568,90
CentraleSupélec	2744	1374	599	338	2873,50
IOGS	1370	1062	680	618	2081,60
Arts et Métiers	3449	963	1603 <sup>1</sup>	1203	2090,40
ENSEA	1949	600	1532 <sup>1</sup>	1103	1078,00
ESTP	1426	500	1248	882	603,80
École navale	677 <sup>2</sup>	1002,1	257	80	2281,40

### Concours cycle international

École	Inscrits	Admissibles		Dernier entré	
		barre	nombre	rang	points
Centrale Casablanca	60	1000	23	—	—
Centrale Lille				—	—
Centrale Lyon				13	2444,00
Centrale Marseille				17	2280,20
Centrale Nantes				11	2551,60
CentraleSupélec				6	2910,40
IOGS				22	2102,00

### Concours réservés aux étrangers scolarisés en France

École	Inscrits	Admissibles		Dernier entré	
		barre	nombre	rang	points
CentraleSupélec	115	1145	29	22	2302,80
IOGS	51	1051	18	—	—

<sup>1</sup> Y compris les admissibles dispensés d'épreuves d'admission (grand-admissibles).

<sup>2</sup> Candidats autorisés à concourir.

**Concours Centrale-Supélec 2022**

**Épreuves d'admissibilité**

**Filière PSI**

# Table des matières

Table des matières	1
Résultats par épreuve	2
Rédaction	12
Mathématiques 1	16
Mathématiques 2	19
Physique-chimie 1	23
Physique-chimie 2	29
Sciences industrielles de l'ingénieur	33
Informatique	37
Allemand	40
Anglais	43
Chinois	49
Italien	51
Russe	54

## Résultats par épreuve

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque épreuve, les paramètres statistiques calculés sur les notes sur 20 des candidats présents. Les colonnes ont la signification suivante :

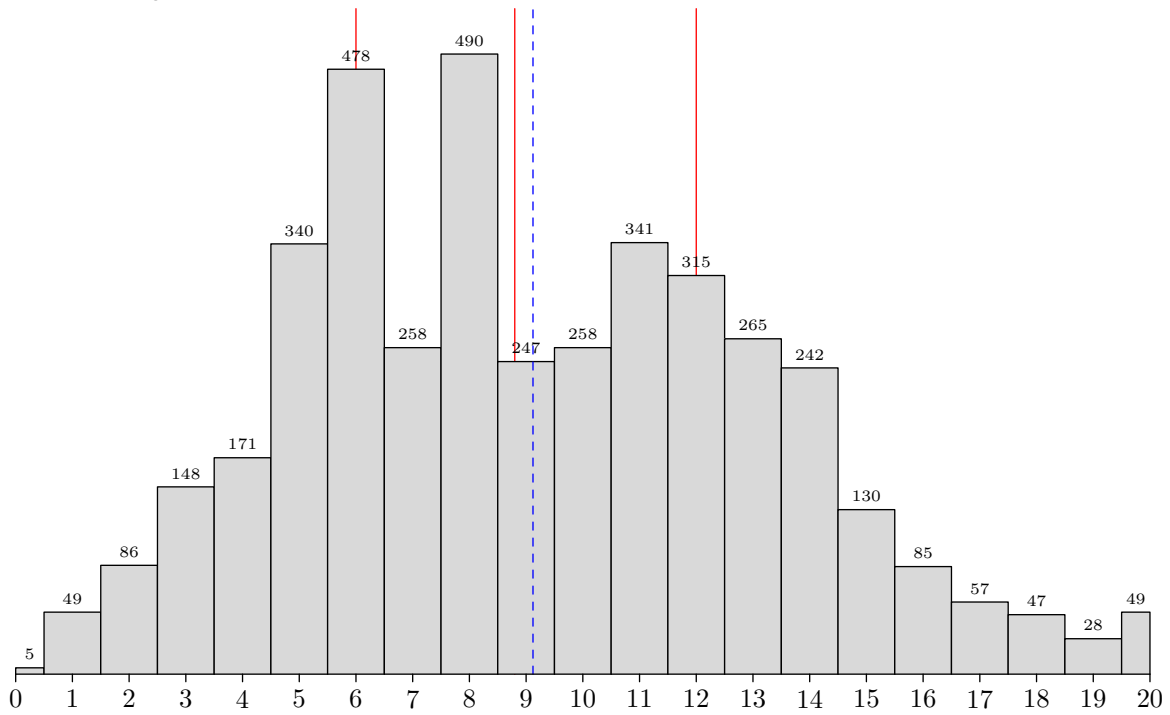
<b>M</b>	moyenne
<b>ET</b>	écart-type
<b>Q1</b>	premier quartile
<b>Q2</b>	médiane
<b>Q3</b>	troisième quartile
<b>EI</b>	écart interquartile

Épreuve	Inscrits	Absents	Présents	M	ET	Q1	Q2	Q3	EI
Informatique	4353	6,1%	4089	9,12	4,06	6,0	8,8	12,0	6,0
Mathématiques 1	4353	4,9%	4138	9,01	4,13	6,0	8,9	12,0	6,0
Mathématiques 2	4353	6,0%	4090	8,99	4,09	6,0	8,7	12,0	6,0
Physique-chimie 1	4353	5,6%	4110	9,24	4,06	6,0	9,0	12,0	6,0
Physique-chimie 2	4353	5,8%	4100	9,20	4,11	6,0	8,9	12,0	6,0
Rédaction	4353	5,2%	4127	9,46	3,94	6,4	9,0	12,3	5,9
S2I	4353	5,7%	4105	10,92	4,25	8,0	11,1	14,0	6,0
Langue	4351	6,0%	4090	11,26	3,62	8,2	10,8	14,1	5,9
Allemand	85	1,2%	84	11,40	4,25	8,7	11,7	14,1	5,4
Anglais	4104	5,4%	3882	11,19	3,55	8,1	10,8	14,1	6,0
Arabe	89	41,6%	52	14,29	3,27	11,8	14,6	16,8	5,0
Chinois	9	0,0%	9	16,57	2,39	14,6	17,9	17,9	3,3
Espagnol	51	2,0%	50	10,73	4,84	6,7	10,3	14,1	7,4
Italien	9	0,0%	9	17,72	2,23	16,8	18,9	18,9	2,1
Portugais	3	0,0%	3	13,53	1,60	12,4	13,0	14,3	1,9
Russe	1	0,0%	1	11,40	—	11,4	11,4	11,4	0,0

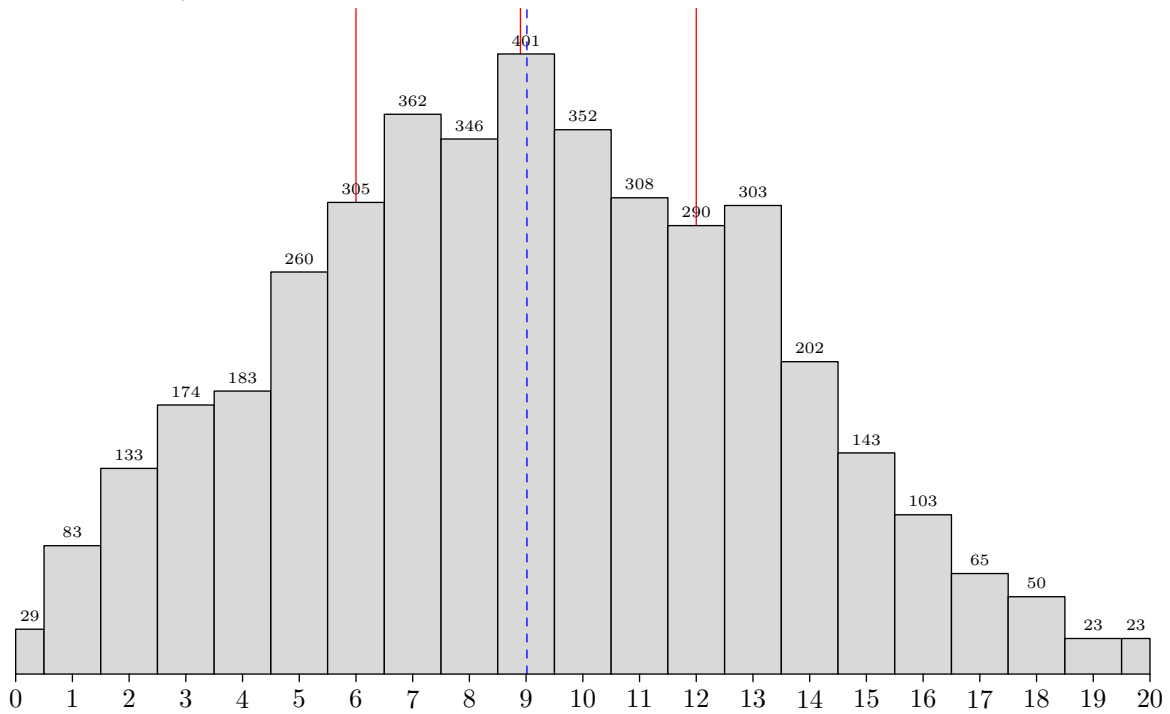
Les histogrammes suivants donnent la répartition des notes des candidats présents. Chaque barre verticale (sauf la première et la dernière), regroupe les copies ayant obtenu des notes dans un intervalle d'un point. Ainsi la barre centrée sur 10 regroupe les notes  $\geq 9,5$  et  $< 10,5$ . Les traits continus (rouge) matérialisent les quartiles et le trait pointillé (bleu), la moyenne.



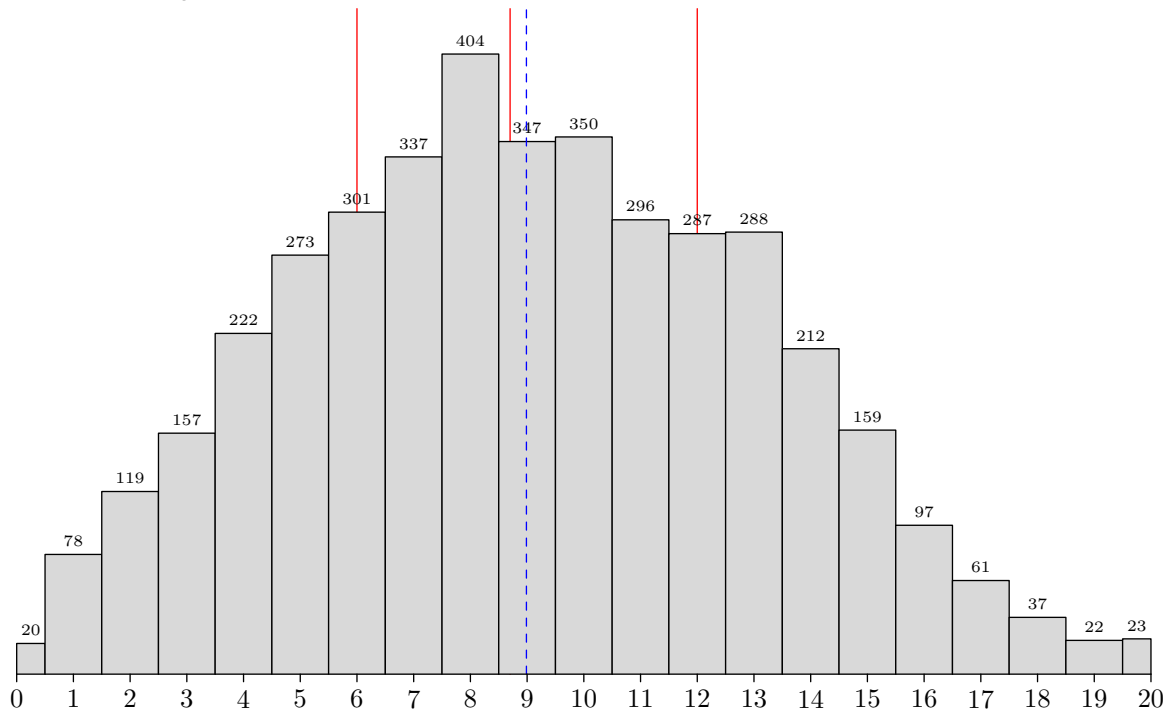
### Informatique



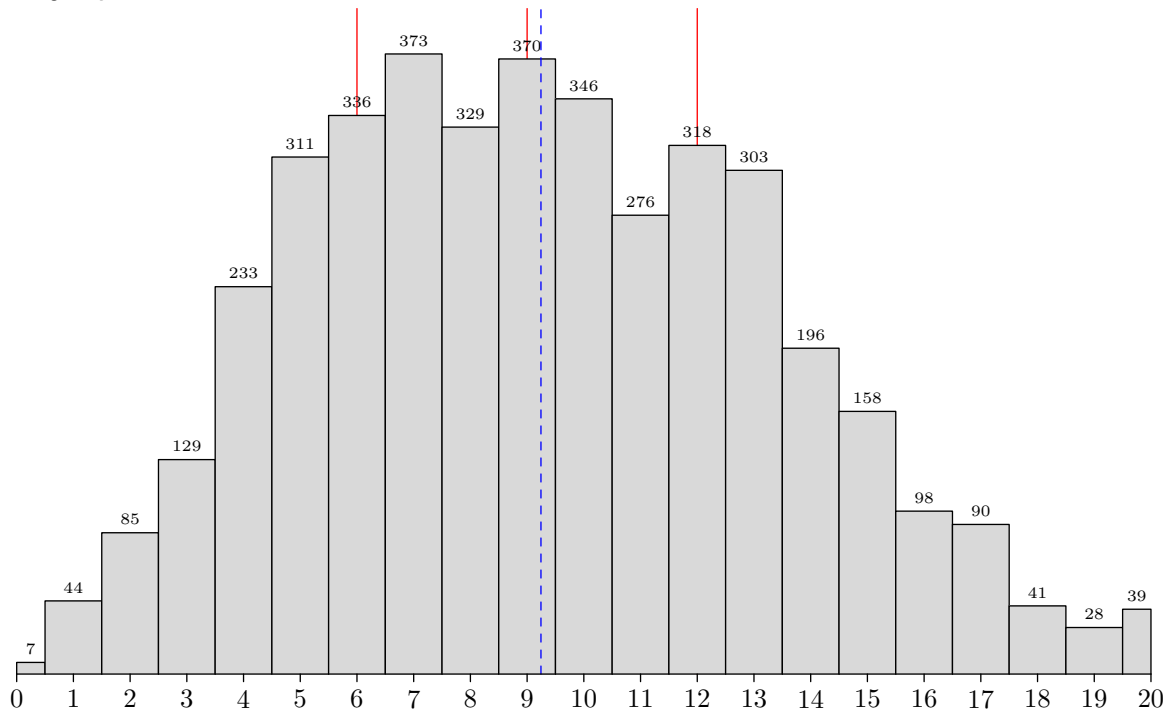
### Mathématiques 1



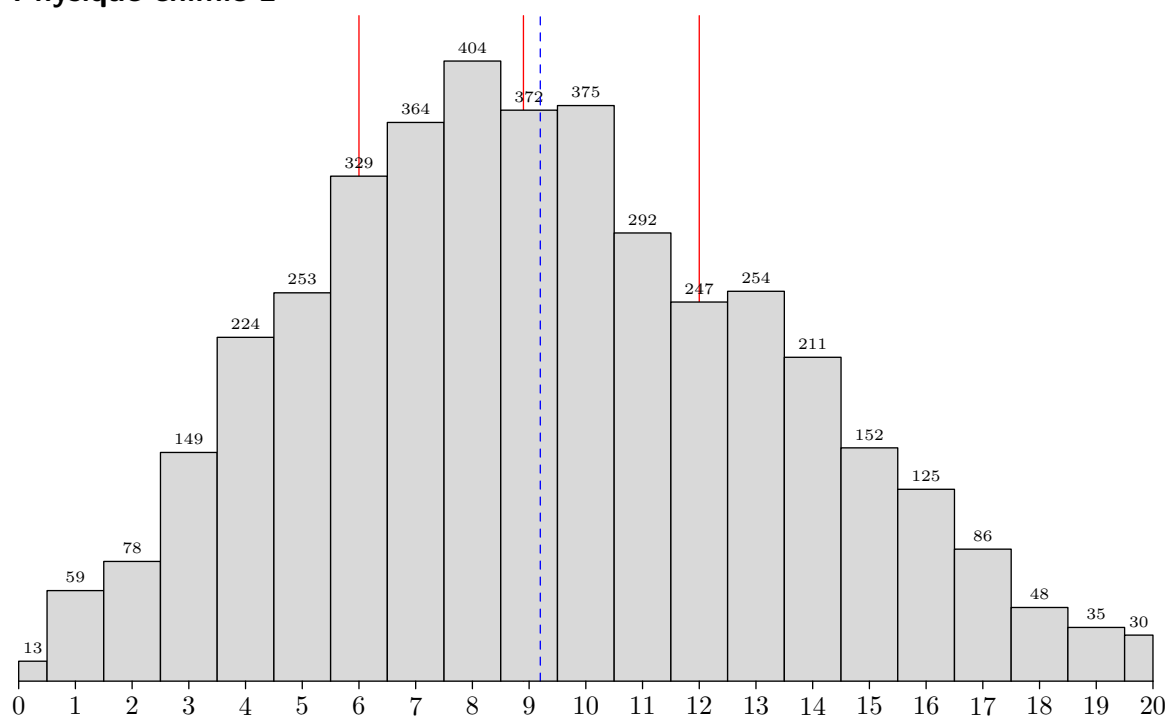
### Mathématiques 2



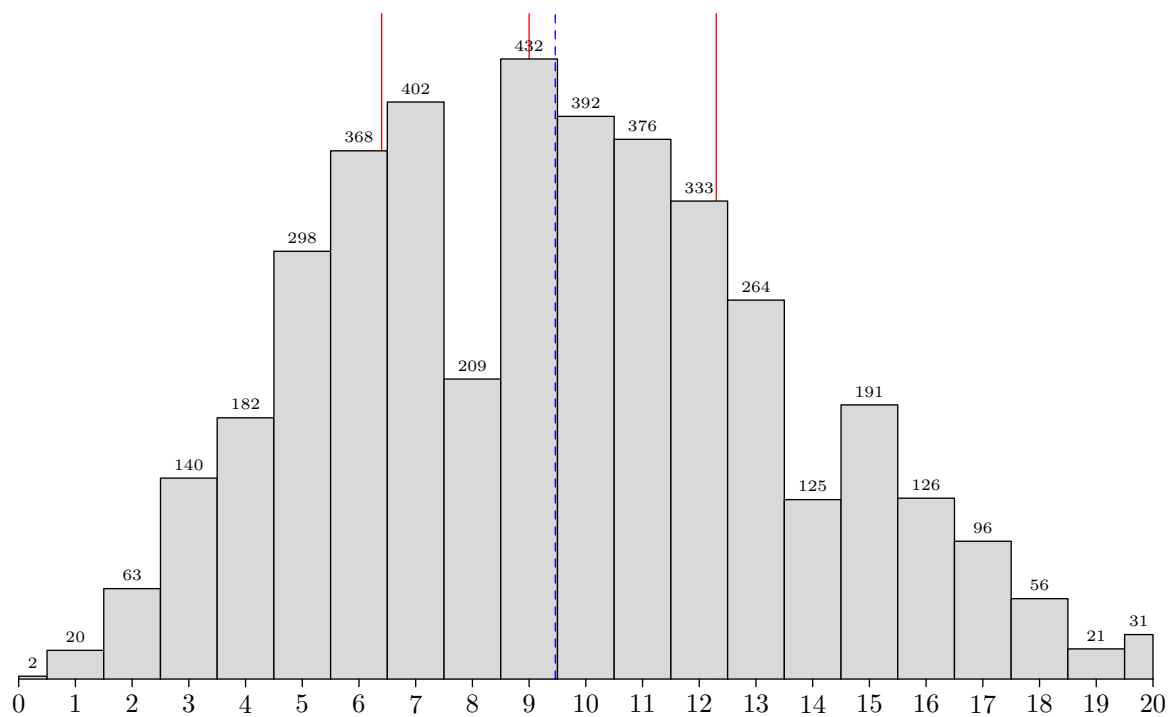
### Physique-chimie 1



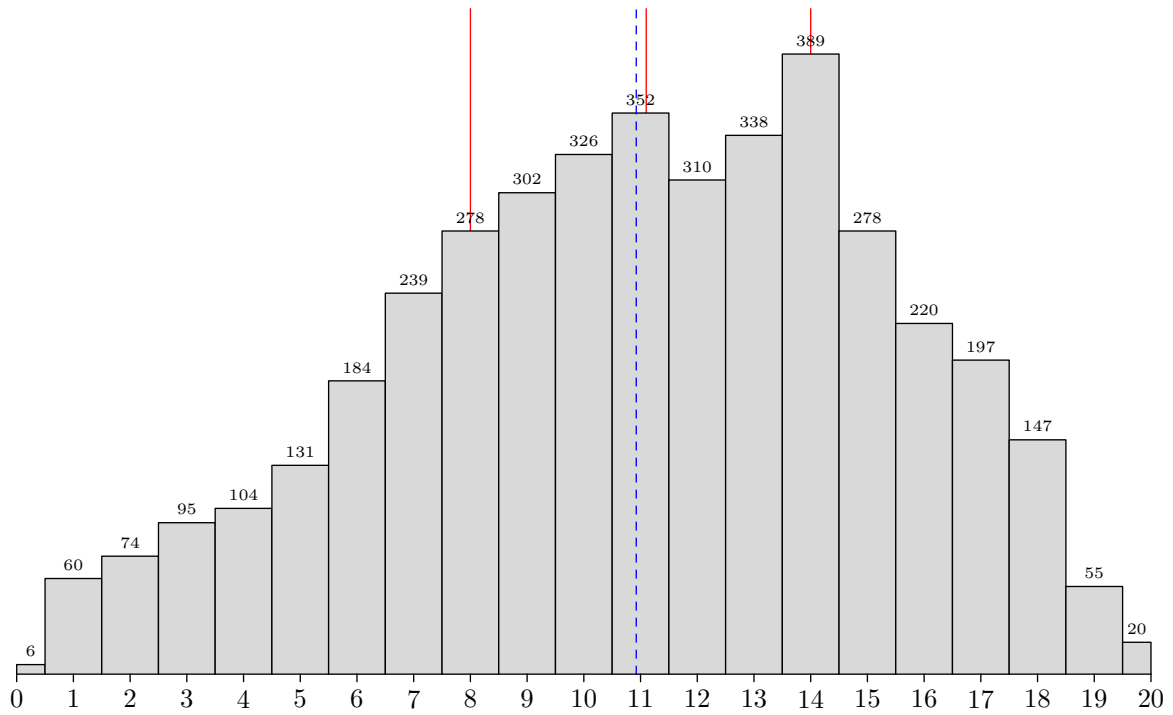
### Physique-chimie 2



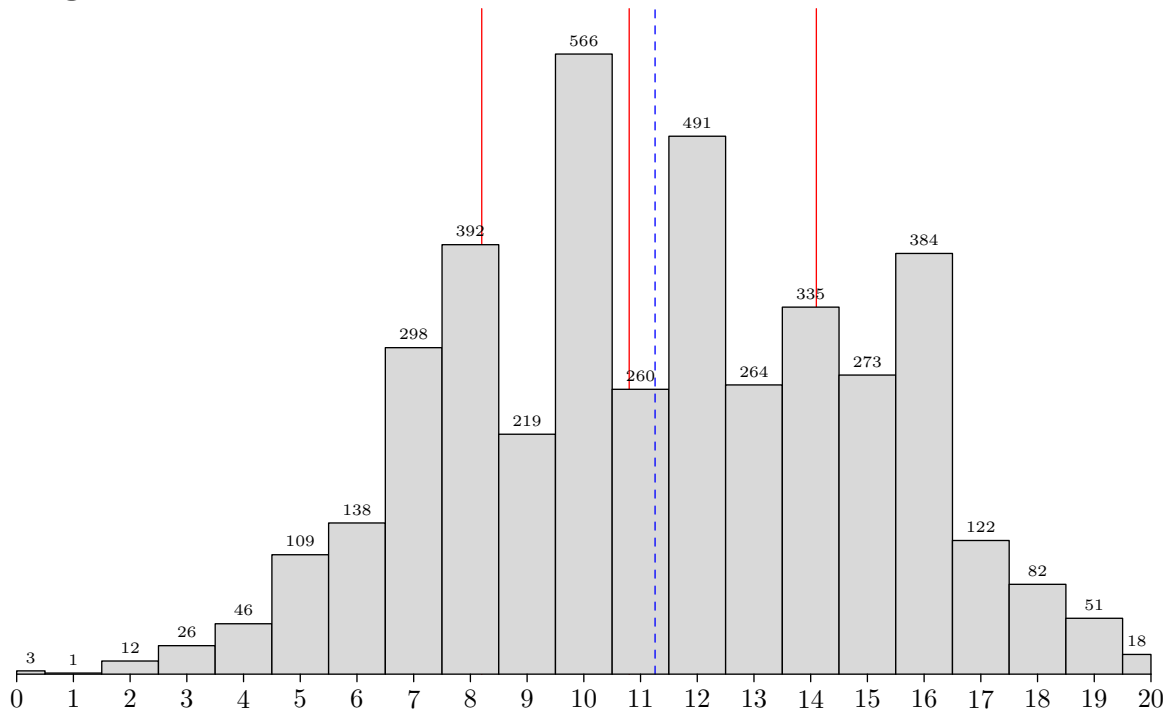
### Rédaction



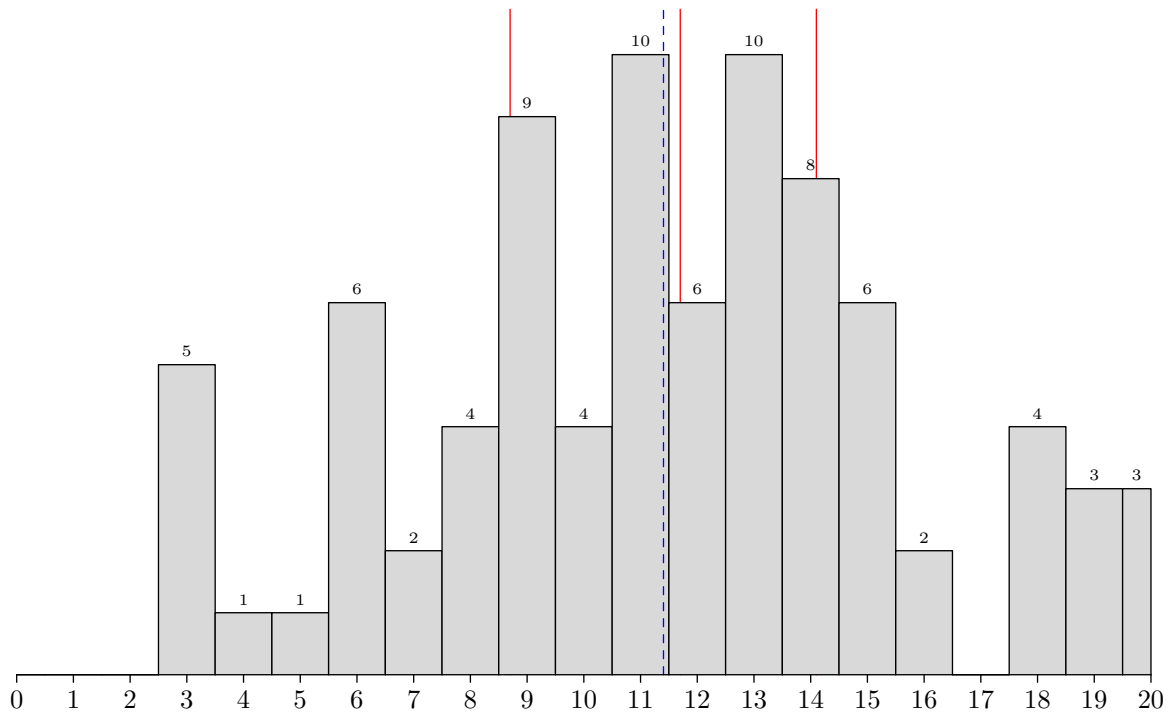
S2I



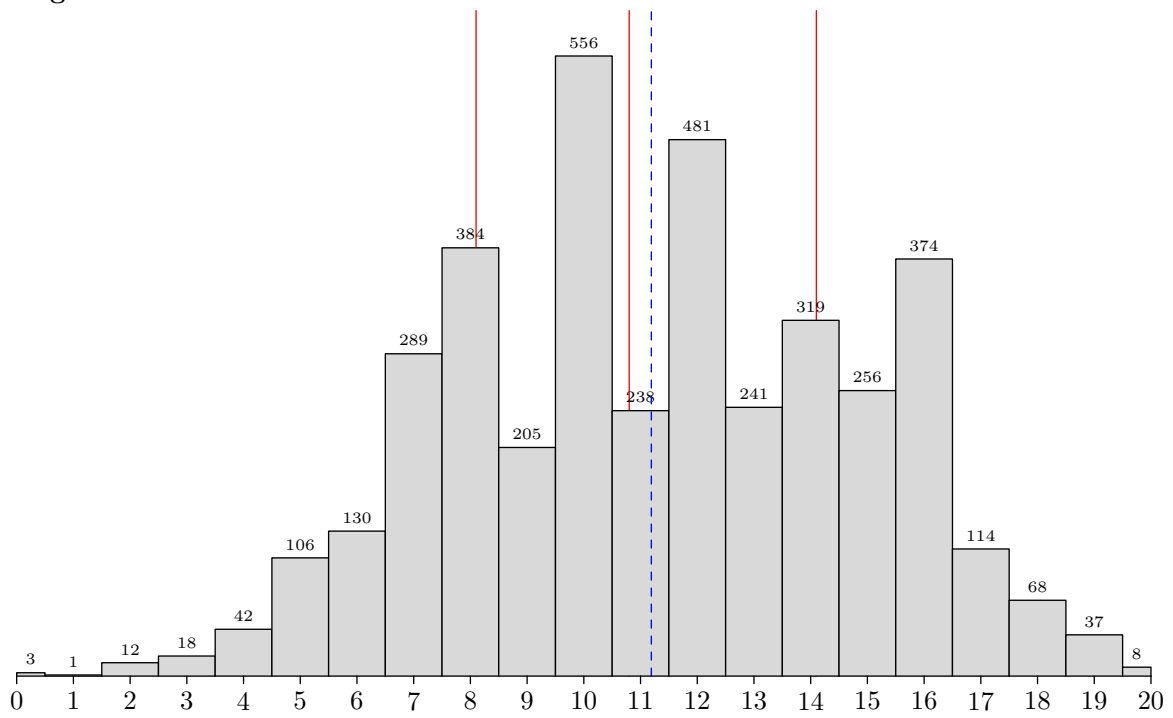
### Langue



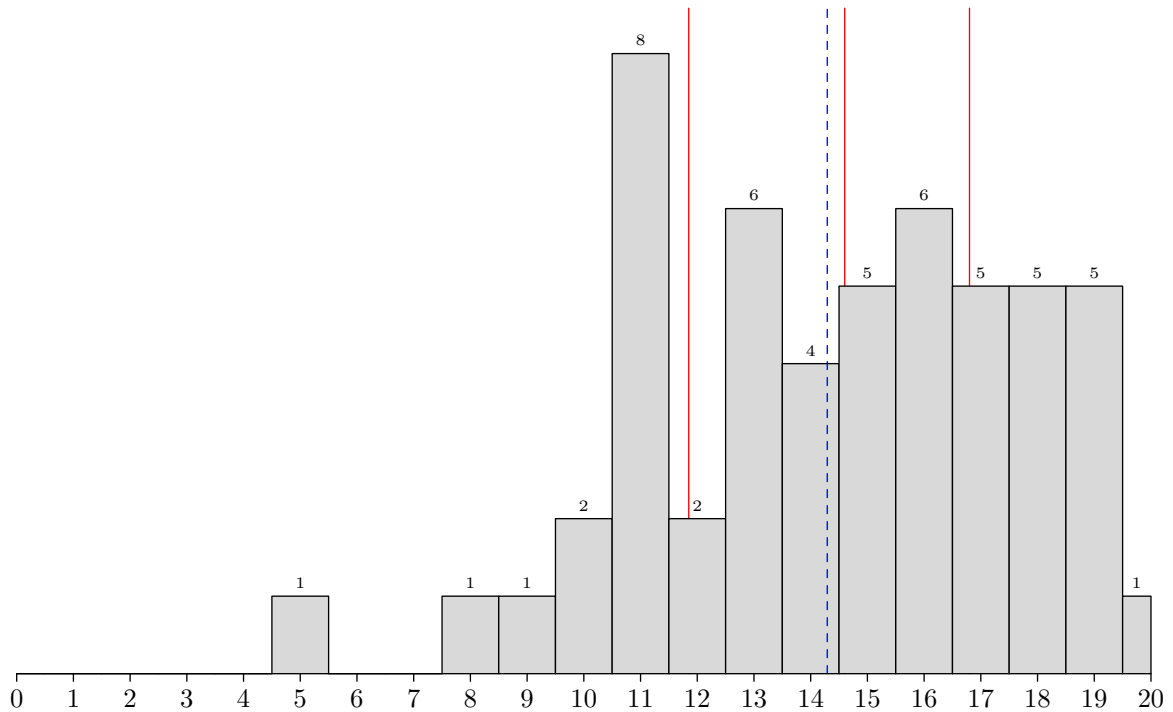
### Allemand



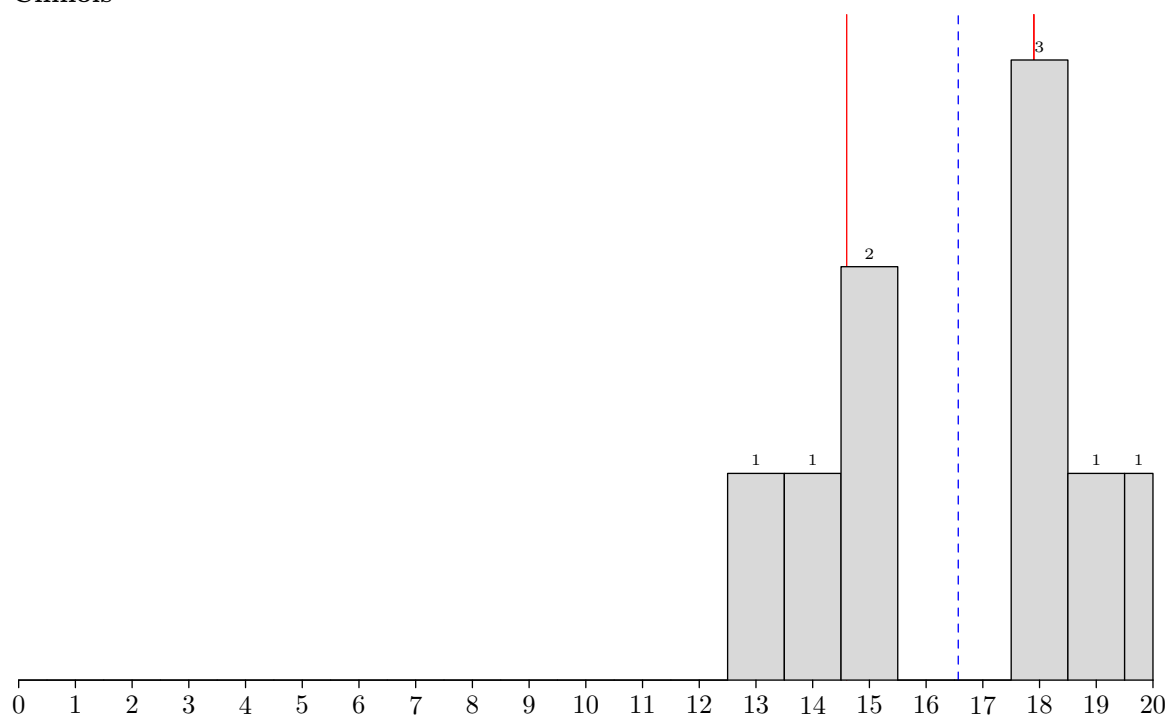
Anglais



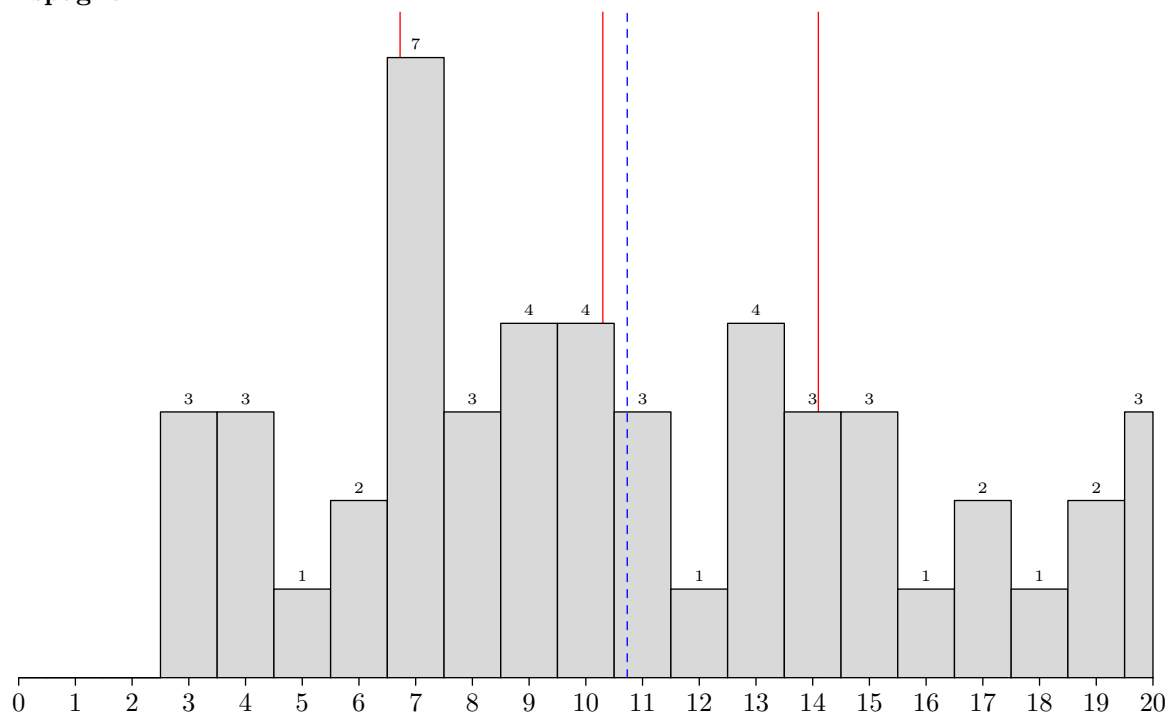
Arabe



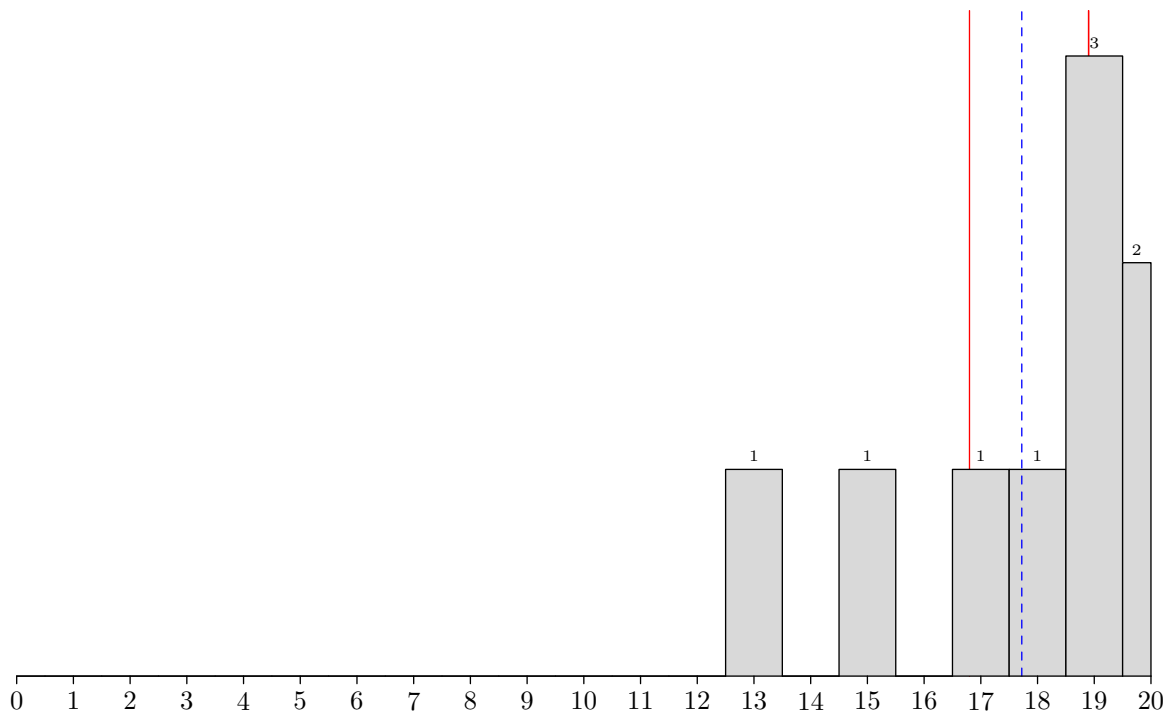
Chinois



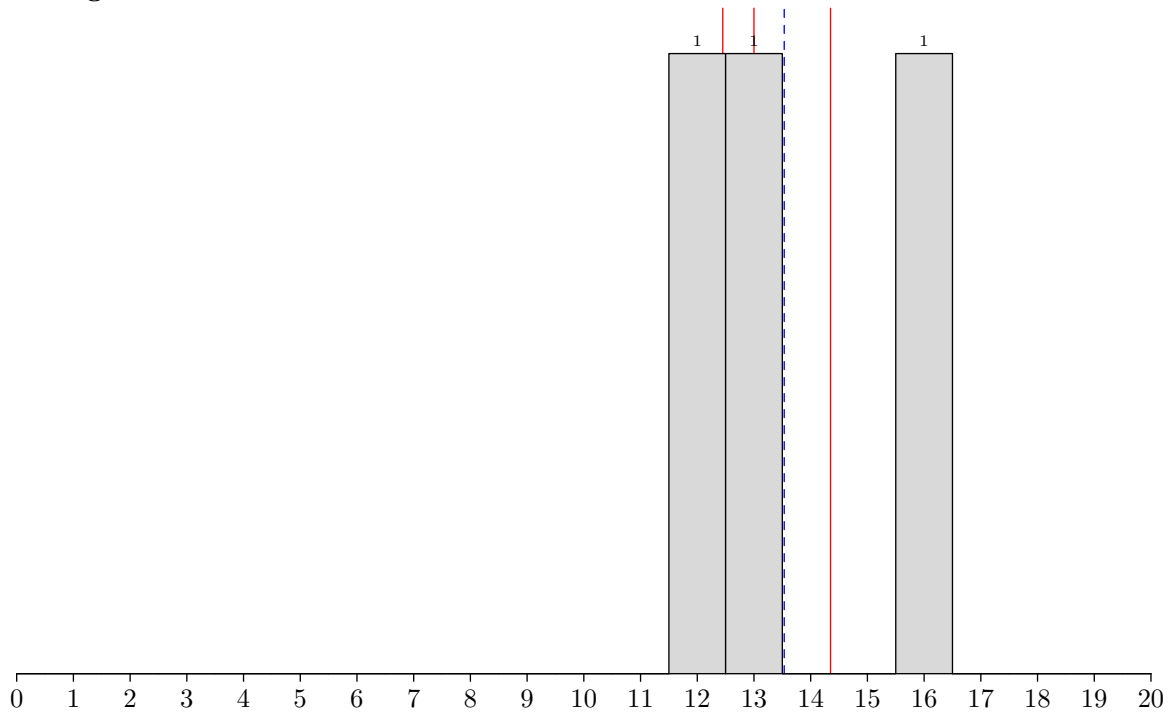
Espagnol



Italien

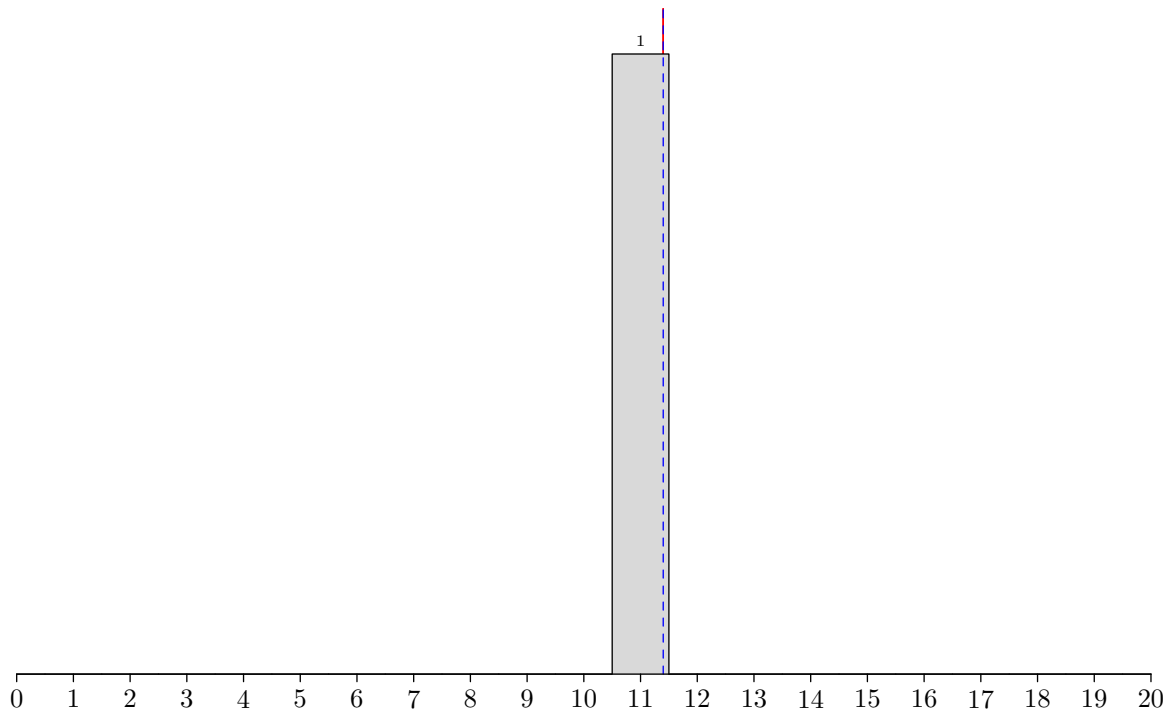


Portugais





Russe



# Rédaction

## Présentation du sujet

Le sujet retenu s'appuie sur un extrait de « L'Art d'écrire l'enfance », article de Pierre Péju paru dans le numéro 605 de La Nouvelle Revue Française, *L'enfance de la Littérature* (juin 2013). Tout en plaçant le débat au cœur même de la question inscrite au programme, « L'enfance », on trouve ici un point de vue propre à éviter sa réduction à une simple thématique, ouvrant la possibilité d'une réflexion originale, éloignée des lieux communs et des développements tout faits : le texte propose une réflexion sur l'écriture de l'enfance. Dans ses formes traditionnelles, la littérature serait incapable de dire l'enfance sans la figer en un récit factuel, exact parfois, mais impuissant à ressusciter la fraîcheur d'un rapport au monde ineffable dans la langue ordinaire. « L'enfantin » véritable se manifeste pourtant tout au long de notre vie, par de soudaines et fugaces réminiscences, venant parfois affleurer dans notre conscience et éveillant en nous la sensibilité de l'enfant que nous avons été. Chacun éprouve en soi ces fulgurances muettes. Mais l'écrivain doit réinventer son art pour les exprimer. Il doit alors écouter « l'enfantin » et le faire entendre dans ses textes, pour essayer de défendre un passé individuel ou collectif menacé de disparaître et sans lequel nous perdrons toute humanité. C'est sur cette dernière idée que portait le sujet de dissertation.

## Analyse globale des résultats

L'épreuve est apparue de même difficulté que les années antérieures. On s'accorde à reconnaître la grande qualité littéraire, la clarté et la profondeur du texte choisi. Et le sujet de dissertation, riche et ouvert, a permis de bien distinguer non seulement les bonnes copies des mauvaises, ce qui se fait toujours sans peine, mais aussi les copies moyennes de celles vraiment insuffisantes.

Plus que jamais, il était essentiel de ne rien éluder. Tout d'abord le fait que Péju s'interrogeait non sur l'enfance en elle-même, mais sur la difficulté de l'écrire. Il fallait, ensuite, bien saisir la différence qu'il met entre l'enfance, simple moment d'une existence susceptible d'être raconté dans le fil des événements d'une vie, et « l'enfantin », façon d'être au monde naïve et purement sensitive, mais plus vraie et plus pleine que l'approche raisonnable de l'adulte.

On se souviendra que « résumé et dissertation forment un ensemble indissociable », comme le soulignent clairement les « remarques importantes » figurant en tête du sujet. Ce lien était décisif dans la définition d'une problématique pour la dissertation, celle-ci devant examiner l'idée à laquelle aboutit le texte : « Accueillir l'enfantin c'est toujours tenter d'empêcher, désespérément peut-être, le grand massacre du passé. » Quelques lignes plus tôt, Péju éclairait parfaitement cette formule en faisant référence au livre de Walter Benjamin, *Une enfance berlinoise*, recueil de « fragments enfantins », destiné, dans l'actualité tragique de 1933, à les préserver de l'oubli « comme on arrache un objet à un incendie ».

Sur ce dernier point, hélas, les contresens se sont accumulés, altérant aussi bien les résumés que les dissertations.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Le résumé

Force est de constater que beaucoup ne respectent pas les règles de cet exercice, dont les rapports des années antérieures n'ont cessé de rappeler les attentes et les finalités.

Le décompte des mots est souvent très approximatif et les barres verticales placées de façon aléatoire, quand il n'y a pas volonté manifeste d'induire le correcteur en erreur.

De nombreux candidats n'ont pas fait l'effort de recomposition attendu : trop de résumés comportent plus de 4 paragraphes (parfois jusqu'à 9). Certains n'en proposent qu'un seul, massif et confus. Dans tous ces cas, le circuit argumentatif disparaît. Les huit paragraphes du texte-source semblaient pourtant clairement exiger une recomposition en trois parties : I- § 1 ou § 1 et 2 ; II- § 2 à 5 ou 3 à 5 ; III- § 6 à 8.

Si le propos général du texte a souvent été saisi, beaucoup de copies ont fait le choix de contourner les points les plus subtils. La question de la langue de l'enfantin, en particulier, est éludée dans de nombreux résumés. L'expression « le grand massacre du passé » a donné lieu à un contresens récurrent, avec les conséquences graves qu'on peut imaginer dans la dissertation. Cette formulation a été trop fréquemment traduite par « des erreurs susceptibles d'avoir été commises dans le passé » ou « des traumatismes vécus dans l'enfance ».

La problématique littéraire du texte, sur laquelle le titre de l'ouvrage (*L'enfance de la Littérature*) et celui de l'article de Pierre Péju (« L'art d'écrire l'enfance ») attiraient l'attention, a souvent été négligée : l'auteur s'interrogeait pourtant sur les formes traditionnelles de l'écriture autobiographique, leur renouvellement et la possibilité d'un accueil de l'enfantin dans l'écriture. La fin du texte insistait à deux reprises sur la valeur humaniste et humanisante de l'enfantin : peu l'auront vu.

Le système d'énonciation est généralement respecté. Pourtant, attribuer à Proust, à Benjamin ou à Bergson une réflexion explicite sur le concept de l'enfantin relève du contresens : Péju rapproche de leur pensée la notion qu'il thématise, il ne la leur emprunte pas. Quant aux références à ces auteurs, exemples purement illustratifs pour certains, mais vraiment argumentatifs pour d'autres, on regrettera souvent l'absence de hiérarchisation dans leur traitement : Jean Lacoste, simple préfacier de Walter Benjamin, devait-il être cité ? À plus forte raison, se substituer à lui ?

Dernier point sur lequel un effort serait souhaitable : le résumé doit reformuler la pensée de l'auteur pour pouvoir, sans l'appauvrir, la restituer de façon claire et plus économique. L'exercice était difficile car le texte mobilisait un vocabulaire très riche et varié. Il fallait impérativement prendre le recul nécessaire et ne pas tomber dans l'écueil d'une substitution synonymique laborieuse, de toute façon rendue difficile par les propositions déjà multiples de reformulation engagées par l'auteur lui-même.

Or, certains candidats ont eu du mal à se départir des mots du texte. La reprise textuelle est encore trop fréquente, même dans les meilleures copies. D'autres, cependant, se sont montrés inventifs tout en soignant la limpidité du propos. Le rapport de la session 2004 recommandait déjà de ne pas réduire le résumé à un exercice purement technique. Car il s'agit bien d'une recreation et non d'une simple imitation ou réduction purement quantitative. Ainsi, Gérard Genette distingue la « contraction » d'une page obtenue par « excision » de celle qui vise la « concision », plus essentielle dans notre conception du résumé, « qui se donne pour règle d'abrégé un texte sans en supprimer aucune partie thématiquement significative, mais en le réécrivant dans un style plus concis, et donc en produisant à nouveaux frais un nouveau texte, qui peut à la limite ne plus conserver un seul mot du texte original. » (in *Palimpsestes, la littérature au second degré*, XLVIII, Seuil, 1982). Pour y parvenir, il est sage d'utiliser au maximum le nombre de mots auquel on a droit.

## La dissertation

Elle déçoit souvent dès l'amorce : soit qu'il n'y en ait aucune, soit qu'on la choisisse mal. Au lieu d'amener la citation de Pierre Péju de façon précise et cohérente, on oriente son interprétation dans une mauvaise direction, pour dériver rapidement vers un sujet déjà traité ou une question de cours. Dès lors, on perd l'originalité de la formule avant même de l'avoir analysée. Quelques devoirs ne la citent même pas, et trop de candidats croient pouvoir sauter impunément cette phase essentielle de l'analyse du sujet, sans laquelle on ne saurait définir une problématique pertinente. Or, dans cette hâte, le concept central du texte,

« l'enfantin », a trop souvent été ramené à l'enfance, sans prise en considération de sa caractérisation. Il a aussi, de façon récurrente, donné prétexte à illustrer, justifier ou combattre une simple volonté « infantile » (*sic*) de « retomber en enfance ».

Dans trop de copies, l'analyse se réduit à une vague paraphrase du propos ou à une série de définitions isolées des termes. C'est pourtant la thèse singulière de l'auteur, donc l'articulation logique des notions entre elles, qui doit être mise en évidence, afin de la discuter. Ainsi, il n'est pas possible de négliger une partie des termes ou des enjeux (ici, le massacre du passé, le caractère désespéré de la tentative, la nature de l'accueil) : il s'agit au contraire de les faire tous jouer et peut-être de les réactiver dans une troisième partie de dépassement.

La problématique découle naturellement de l'analyse : la négliger, c'est donc s'exposer à la tautologie (se rappeler des souvenirs d'enfance permet de se rappeler son enfance), aux généralités (les relations entre enfance et âge adulte, les malheurs de l'enfance), au déplacement (l'enfantin examiné du point de vue de l'enfant), au contresens (le massacre du passé par l'enfantin ; la possibilité de réparer ou d'éviter à l'avenir les erreurs du passé) ou au hors-sujet. Une problématique a pour but de centrer et cerner le problème, non de le délayer ; elle doit donc se formuler en une question, non en une série de questions.

La contextualisation de l'énoncé dans l'extrait aurait suffi à bien en comprendre le sens. L'enfantin, entendu par Péju comme le propre de l'enfance, ne disparaîtrait pas avec l'enfant que nous avons été : il résisterait discrètement au temps du sujet et de l'histoire, dont la violence semble pourtant tout emporter sur son passage. Il ferait même retour à travers des impressions fugaces, la réminiscence involontaire d'expériences sensorielles, auxquelles il faudrait se montrer attentif, faire place, précisément pour s'opposer, par la puissance d'humanité qu'elles recèlent, au mouvement destructeur du temps.

Telle est la thèse que les candidats étaient invités à discuter. Si les œuvres illustrent largement l'authenticité de la présence enfantine au monde, la valeur humaine de l'enfance et la manière dont l'enfantin peut ressurgir dans l'adulte, c'est dans le sujet lui-même, qui concède la vanité de la tentative, que se trouve la matière à objection : la perte de l'enfance est inéluctable, son renoncement est peut-être même souhaitable, son terme est souvent attendu avec impatience. On pouvait enfin s'interroger, comme l'ont fait les meilleurs travaux, sur les finalités et les modalités d'un accueil de l'enfantin, qui ne soit pas enfermement dans le passé mais découverte de perspectives, reviviscence du « bouquet de possibles » : c'est en effet à quoi visent les œuvres dans le travail même de l'écriture.

Discussion argumentée de la thèse, le développement doit commencer par l'examiner, avant d'en montrer les limites et de proposer, autant que possible, une résolution de l'aporie. Que cela s'effectue en deux ou trois parties, l'essentiel est d'adopter toujours cette progression. On évitera d'en inverser la logique, en commençant par rejeter la thèse proposée avant même de l'examiner. On n'imitera pas davantage ceux qui s'en tiennent à l'impasse d'une structure binaire : approbation puis réfutation, sans dépassement aucun. Est-ce ainsi que doivent penser de futurs ingénieurs ? Les meilleures copies sont celles qui évitent ces écueils en s'efforçant de ne jamais perdre de vue la thèse de Péju et en intégrant les termes clés de l'énoncé tout au long de leur réflexion.

Les textes au programme doivent constamment nourrir la réflexion et assurer son dynamisme. Ils sont abondamment convoqués dans les copies, mais pas toujours de manière efficace. Ces exemples restent souvent purement narratifs : on raconte tel épisode de l'œuvre, sans montrer comment il se rattache à l'idée qu'on voudrait lui faire illustrer ou soutenir. Mieux vaudrait privilégier les citations, jouer sur les mots exacts, les images, les concepts qu'elles proposent. Mais accumuler les citations ne suffira jamais, si elles demeurent purement ornementales : elles doivent prouver une véritable appropriation des œuvres et un effort pour penser à travers elles.

Encore faut-il, pour un tel résultat, dépasser le stade d'une lecture superficielle ou d'une connaissance de seconde main. Or bien des confusions apparaissent, en particulier pour Andersen. Un conte est mentionné en lieu et place d'un autre. Ida devient l'héroïne des « Cygnes sauvages », le petit chien est enterré dans « Les Fleurs de la petite Ida », etc. Certains semblent n'avoir bien lu que Soyinka ou Rousseau. Cela

explique peut-être la difficulté qu'ils éprouvent pour confronter et comparer les œuvres de façon équilibrée et convaincante : souvent un seul exemple vient à l'appui de l'argument. Tel développement néglige un ou deux auteurs. Or, une dissertation comparatiste exige qu'ils soient tous convoqués dans chaque partie.

Certains ont su donner à la notion d'enfantin toute sa portée, en ne la réduisant ni au souvenir d'enfance ni à l'enfance, mais en la définissant comme un type de rapport au monde ; ils ont su interroger la vision tragique de l'auteur, réfléchir aux manières d'« accueillir l'enfantin », dépasser la confrontation du passé au présent. Ils ont ainsi montré que la dissertation est toujours l'expression dynamique d'une pensée en action : elle devrait être stimulante et pour celles et ceux qui la rédigent, et pour celles et ceux qui la lisent.

### **La maîtrise de l'écrit**

Résumé et dissertation exigent tous deux une bonne maîtrise de la syntaxe, du lexique et de l'orthographe.

Nombre de candidats ne maîtrisent pas la subordination et ponctuent de façon anarchique, si bien que l'atteinte faite au sens est généralisée. La syntaxe de la phrase interrogative, directe ou indirecte, est constamment malmenée, particulièrement dans l'annonce de la problématique et du plan. Les principes de la concordance des temps semblent ignorés. On mélange récit et discours. Rappelons que les références aux œuvres de fiction doivent se faire au présent et pas au futur proche ni au passé.

Les impropriétés, signes d'un vocabulaire pauvre, foisonnent. Une en particulier : l'emploi récurrent du verbe « retranscrire » pour « écrire » montre qu'on ne sait pas interroger un préfixe. « Retranscrire » signifie « transcrire à nouveau » un texte déjà écrit, et non « écrire » quelque chose comme l'enfantin, qui précisément se dérobe à l'écriture.

L'orthographe paraît de plus en plus négligée. On découvre le verbe « accueillir », pourtant présent dans le texte et dans l'énoncé du sujet, écrit « *acceuillir* » tout au long des pages de nombreuses copies, même parmi les meilleures.

La langue est trop souvent horriblement maladroite. On constate que les citations sont parfois introduites avec une gaucherie surprenante : « comme quand Rousseau dit que », « comme dit par Andersen », etc.

Dans de nombreux cas, c'est la présentation elle-même qui pose problème, voire la lisibilité. On ne saurait trop recommander aux candidats de s'entraîner, durant l'année, à la rédaction manuscrite. Notons en outre qu'une encre foncée garantit une meilleure lecture de copies scannées. Dans tous les cas, une relecture attentive paraît indispensable.

### **Conclusion**

Sur tous les points de méthode, les rapports des sessions 2018 et 2021 apporteront les éclaircissements utiles pour aider à progresser ceux qui, nombreux, désirent tirer profit de leurs échecs et dont les travaux, malgré leurs défauts, peuvent être évalués selon les critères du concours. En revanche une minorité non négligeable ne semble pas vraiment consciente de ce qu'est le concours Centrale-Supélec et des exigences de l'épreuve de rédaction. Ce rapport voudrait le rappeler. D'autant que les brillantes performances des meilleurs candidats ne manquent pas pour les valider. Maîtriser sa langue, savoir entrer dans la pensée d'un auteur, la reformuler puis la discuter en la confrontant à des œuvres différentes, établir le dialogue entre elles et les faire débattre dans l'ordre d'une réflexion méthodique et personnelle ; autant de talents que ces excellents étudiants nous montrent et qui ne nous semblent pas inutiles chez un ingénieur.

# Mathématiques 1

## Présentation du sujet

Le sujet de Maths 1 de la filière PSI 2022 a pour objectif la démonstration d'un résultat de géométrie dans un espace euclidien. Pour cela, plusieurs résultats intermédiaires sont démontrés, notamment sur les matrices nilpotentes et sur les variables aléatoires discrètes.

Le problème est constitué de quatre parties largement indépendantes :

- une première partie vise à faire démontrer des propriétés sur les matrices nilpotentes ;
- une deuxième partie permet de mettre en évidence des propriétés algébriques de l'ensemble des matrices colonnes ne comportant que des 1 et des -1, puis propose l'étude d'une loi de probabilité sur l'ensemble  $\{-1, 1\}$  ;
- une troisième partie demande aux candidats de rédiger des programmes en Python en lien avec les matrices ;
- une quatrième et dernière partie entre dans le cœur de la preuve du résultat visé par le sujet.

Il était attendu des candidats qu'ils maîtrisent bien leur cours d'algèbre linéaire pour traiter ce problème : propriétés de la trace ou du déterminant, manipulations de matrices et de leurs puissances, définition d'une valeur propre par exemple. Une bonne maîtrise des raisonnements élémentaires de probabilités était également indispensable : indépendance ou incompatibilité d'événements, propriétés de l'espérance et de la variance. Enfin, quelques autres chapitres (espaces euclidiens, études de fonctions) rentraient également en jeu.

## Analyse globale des résultats

La première partie a été abordée presque entièrement par tous les candidats, et certaines questions ont été très bien traitées. En revanche, le cours n'est pas toujours bien appris et certains résultats, pourtant très importants, ne sont parfois pas cités correctement (propriétés de la trace ou formule du binôme de Newton par exemple).

La deuxième partie a aussi été très largement étudiée mais avec moins de succès. Dans la première sous-partie (résultats algébriques), de nombreuses idées intéressantes ont été proposées, mais la rigueur mathématique était parfois absente dans les explications. Dans les sous-parties suivantes, les premières questions sur les variables de Rademacher ont été très bien réussies mais les dernières, plus théoriques, n'ont été correctement traitées que par peu de candidats.

La troisième partie, consacrée à l'algorithmique, a été globalement bien réussie par les candidats qui s'y sont lancés et la syntaxe Python est dans l'ensemble bien maîtrisée.

La dernière partie a été moins abordée par les candidats, sans doute à cause de sa position dans le problème, mais aussi peut-être parce qu'elle nécessitait de combiner habilement plusieurs résultats d'analyse, d'algèbre et de probabilités.

Concernant la présentation des copies, une majorité est assez clairement présentée, avec des questions numérotées correctement, traitées dans l'ordre et des résultats encadrés. Ceux qui dérogent à ces règles de base font tout de suite mauvaise impression et prennent le risque d'être moins bien compris par les correcteurs.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury souhaite insister sur un certain nombre de points qui ont souvent posé problèmes aux candidats :

- Les candidats doivent faire un effort de présentation des copies, numéroter les questions, les traiter dans l'ordre (quitte à laisser des blancs pour y revenir) et encadrer leurs résultats.
- L'utilisation des abréviations doit être limitée : si certaines (CNS, SSI...) sont très couramment utilisées, d'autres (FPT pour formule des probabilités totales...) le sont nettement moins. De même, l'emploi d'abréviations telles que  $\forall$ ,  $\iff$  doit être modéré dans des explications, et ces symboles ne doivent figurer que dans des assertions ne contenant que des symboles mathématiques.
- Un raisonnement doit être articulé avec des mots clés (considérons, or, donc, car, en effet) : les hypothèses et les objectifs doivent être clairement identifiés.
- Lorsqu'une égalité entre deux ensembles est demandée et qu'un raisonnement par « double inclusion », est choisi, il est important de bien démontrer les deux inclusions, ou à défaut, de signaler que l'une d'entre elles est évidente si tel est le cas.
- Pour démontrer une équivalence entre deux propriétés, on peut raisonner directement par équivalence, ou raisonner par double implication. Mais montrer une seule implication ne suffit pas.
- Dans la **Q 1.**, il était demandé de démontrer que l'application trace était linéaire. Il n'était donc pas suffisant d'écrire que « la trace est clairement linéaire » : un minimum de rédaction était attendu.
- Dans la **Q 2.**, 4 points précis sont attendus pour démontrer qu'une application est un produit scalaire. En particulier, la positivité ne consiste pas à démontrer que  $\text{tr}(A^T B) \geq 0$ . Rappelons par ailleurs que la trace d'un produit n'est en général pas égale au produit des traces ! Enfin, il est important de faire la différence entre un produit scalaire et une norme.
- Lorsqu'un résultat précédemment démontré est utilisé, il est important de le signaler. De même, le lemme des coalitions, proposé dans le préambule, devait être rappelé par tout candidat qui souhaitait l'utiliser.
- Dans la **Q 4.**, de nombreux candidats ont oublié de démontrer que 0 était la seule valeur propre.
- Dans la **Q 7.** : l'utilisation de la formule du binôme de Newton nécessite de préciser que les deux matrices  $M$  et  $N$  commutent. Par ailleurs, dans cette dernière formule, l'indice de sommation commence à 0 et non pas à 1.
- Dans la **Q 8.**, les deux matrices  $M$  et  $N$  ne commutaient pas. Le développement de  $(M + N)^2$  n'est donc pas  $M^2 + 2MN + N^2$ .
- Dans la **Q 10.**, plusieurs méthodes de résolution étaient possibles. Lorsque le théorème spectral était utilisé, il ne fallait pas oublier d'en préciser toutes les hypothèses.
- Dans la **Q 12.** : il était attendu qu'un minimum d'explications accompagnent l'exemple proposé par le candidat. C'est d'autant plus préjudiciable lorsque le correcteur constatait que le déterminant n'était pas nul !
- Dans la **Q 21.** : le déterminant n'est pas une combinaison linéaire de ses coefficients !
- Dans la **Q 22.** : attention, en général, la variance d'un produit n'est pas égale au produit des variances.
- Dans la **Q 26.** : si deux vecteurs  $C$  et  $C'$  sont liés, il n'y a pas forcément d'égalité de la forme  $C' = aC$ . Il faut penser au cas où un des vecteurs est nul pour être exhaustif.

- Dans la **Q 32.**, la formule donnant l'expression d'une somme géométrique est parfois erronée, et il serait apprécié que le mot « géométrique » apparaisse.
- Dans la **Q 35.**, certains candidats pensent que le résultat doit être entier et utilisent à tort la commande `//`.
- Dans la **Q 37.**, il ne suffit pas de dire que la famille est orthogonale pour conclure qu'elle est libre ! Il est important de préciser que ses vecteurs doivent être non nuls (ce qui est le cas si la famille est orthonormale).
- Dans la **Q 41.**, il était attendu que les candidats donnent précisément les hypothèses de l'inégalité de Markov. Par ailleurs, il ne fallait pas oublier de traiter le cas où  $t = 0$ .

## Conclusion

Le sujet était plutôt long mais la progressivité du texte et la diversité des chapitres mathématiques nécessaires (probabilités, réduction, algorithmes...), ont permis à tous les candidats de traiter de nombreuses questions et de mettre en évidence leurs compétences. Quelques lacunes sur des notions de base ont malheureusement aussi été repérées.

De nombreux candidats ont su montrer leur maîtrise du langage mathématique en général, et plus spécifiquement des points qui étaient nécessaires pour aborder les diverses parties de ce problème : le langage des probabilités ; la diagonalisation des matrices, l'algorithmique... Quelques candidats ont même abordé avec succès les questions plus difficiles qui parsemaient le sujet, et les correcteurs tiennent à les en féliciter.

Les correcteurs ont constaté cette année une bonne maîtrise de la rédaction (logique, double implication, clarté des calculs entrepris...). Une partie non négligeable des copies propose une rédaction très agréable à lire en mêlant rigueur, justesse et clarté. Les correcteurs encouragent par ailleurs vivement les candidats à utiliser un brouillon et à ne pas commencer systématiquement la rédaction aussitôt l'énoncé lu. De nombreuses erreurs grossières pourraient ainsi être évitées.



# Mathématiques 2

## Présentation du sujet

Le sujet proposé porte sur un opérateur intégral défini sur un espace de fonctions de carré intégrable avec un poids strictement positif. La première partie permet d'établir des conditions d'appartenance à l'espace vectoriel considéré, elle met essentiellement en oeuvre le chapitre d'intégration sur un intervalle quelconque, et les outils nécessaires : continuité, dérivation, comportement asymptotiques...

La seconde partie est purement préparatoire et permet d'établir la structure d'espace préhilbertien ; les notions de base d'algèbre linéaire et bilinéaire sont évaluées : sous-espace vectoriel, produit scalaire, orthogonalité, norme.

La troisième partie est le coeur du problème avec la définition et l'étude de l'opérateur intégral. Cette partie met en jeu à nouveau l'intégration sur un intervalle quelconque, la primitive de fonction intégrable, intégration par parties...

La quatrième partie porte sur la recherche de solutions développables en séries entières. Elle met en oeuvre le chapitre éponyme de seconde année ainsi que le chapitre sur les séries numériques (de première et seconde année).

La cinquième et dernière partie traite de la recherche d'éléments propres de l'opérateur et de certaines de leurs propriétés. On y démontre des propriétés du cours de seconde année mais dans un cadre plus général (orthogonalité des espaces propres d'un endomorphisme symétrique en dimension quelconque).

## Analyse globale des résultats

Le sujet proposé aux candidats pour cette session se présentait sous une forme suffisamment longue avec une difficulté raisonnable. Les meilleurs candidats ont ainsi été en mesure de traiter presque toutes les questions avec rigueur et une rédaction claire. Toutes les questions du sujet ont été traitées au moins en partie par plusieurs candidats. L'indépendance de plusieurs parties et la présence de questions très classiques, ont permis aux candidats d'avancer dans le sujet ce qu'à pu noter le jury avec la présence importantes de copies fournies.

Du point de vue du fond, comme le rapport le détaille plus bas, certaines méthodes de base sont parfois défaillantes. Notamment, le raisonnement par disjonctions de cas pose problème à une large partie des candidats, car souvent non hexaustif ou trop embrouillé, voire sans réelle conclusion.

Concernant la forme, une quantité non-négligeable de copies ne respecte pas les standards de présentations qui peuvent être attendu pour de futurs ingénieurs : écriture claire, lisible, propos structuré, mise en avant des résultats ; mais aussi des standards relatifs à un concours scientifique : répondre effectivement à la question posée, penser à conclure, citer les résultats ou les questions précédentes utilisés, vérifier les hypothèses de validité. Ces copies sont donc pénalisées comme prévu dans la notice de l'épreuve. Le jury encourage vivement les candidats à utiliser un brouillon et à ne pas commencer systématiquement la rédaction sitôt l'énoncé entre les mains.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Les parties I à IV ont été abordées par presque tous les candidats.

### Partie I :

- **Q 1.** : Il s'agissait d'un problème d'appartenance d'un élément à un ensemble. Il convient donc de vérifier l'ensemble des conditions. Cette question a été révélatrice du niveau de maîtrise de la notion d'intégrale généralisée. L'intégrabilité au voisinage de l'infini a été bien traitée. En revanche son étude au voisinage de l'origine a posé problème : pour certains, avoir une limite finie en une borne de l'intervalle est une condition nécessaire d'intégrabilité ; d'autres éprouvent le besoin de faire une disjonction de cas pour la convergence de  $\int_0^1 t^{2\alpha-1} dt$  en traitant le cas  $2\alpha - 1 \geq 0$  puis le cas  $2\alpha - 1 \in ]-1, 0[$ . La positivité est souvent oubliée pour les candidats utilisant la notion d'intégrale convergente. La continuité de  $p_\alpha$  est souvent oubliée.
- **Q 2.** et **Q 3.** : Questions très discriminantes. Peu de candidats savent mener à bien un raisonnement par disjonction de cas. Certains pensent que la négation de  $a = b = 0$  est  $a \neq 0$  et  $b \neq 0$ . Pour la notion d'intégrabilité, un grand nombre pense qu'une somme est intégrable si et seulement si chaque terme l'est.
- **Q 4.** : L'étude locale au voisinage de l'origine d'une fonction élémentaire est très discriminante.
- **Q 5.** : Bien réussie dans l'ensemble.
- **Q 6.** et **Q 7.** : Il s'agissait d'adapter le théorème fondamental de l'analyse dans le cas d'une fonction d'intégrale convergente. Les candidats attentifs ont résolu correctement cette question avec l'utilisation de la relation de Chasles ou l'introduction de primitive. Le caractère  $C^1$  s'obtient pour beaucoup par dérivation puis par continuité de la dérivée. L'étude du signe de la dérivée donne parfois lieu à des contorsions et tours de passe-passe, le jury les a sanctionnés.
- **Q 8.** : Bien réussie dans l'ensemble.

### Partie II :

Cette partie était très classique, excepté la question 13. Elle a été traitée avec succès dans bon nombre de copies.

- **Q 9.** : Résultat classique. Seul un tiers des candidats sait comment la traiter.
- **Q 10.** et **Q 11.** : Montrer qu'un ensemble est un sous-espace vectoriel reste délicat, en effet en dehors de la stabilité par combinaison linéaire, les autres points à démontrer sont souvent omis. Pour le produit scalaire, le caractère défini pose toujours problème. Chose étrange, un candidat sur sept évite **Q 10.** et passe directement à **Q 11.**.
- **Q 12.** : Cette question a permis aux bons candidats de montrer leurs qualités.
- **Q 13.** : Très classique. En revanche beaucoup de candidats n'évoquent même pas la convergence de l'intégrale à calculer.
- **Q 14.** : Bien réussie.

**Partie III :**

- **Q 15.**et **Q16.** : Bien traitées.
- **Q 17.** : Il s’agissait comme en **Q 6.** d’utiliser le théorème fondamental sur un reste d’intégrale convergente. On retrouve les mêmes défauts alors que la borne posant problème était cette fois-ci explicite.
- **Q 18.** : Bien traitée dans l’ensemble.
- **Q 19.** : Question délicate. La majorité des candidats ayant traité la première majoration ont pensé à utiliser l’inégalité de Cauchy-Schwarz et souvent en adaptant correctement le produit scalaire. La seconde majoration a donné lieu à de grossières erreurs, principalement : comme  $f$  est décroissante, on  $\int_x^{+\infty} f(t) dt \leq f(x)$ .
- **Q 20.** : Il s’agissait d’utiliser les résultats de diverses questions pour appliquer la condition de la partie I.B.. Il convient de les citer et de vérifier ces conditions.
- **Q 21.** : Beaucoup de calculs sur les inégalités sans justifications. On trouve des primitives exotiques pour  $x \mapsto \frac{1}{(1+x)^2}$ .
- **Q 22.** : Assez peu réussie. Beaucoup ne savent même pas comment étudier l’injectivité d’une application linéaire.
- **Q 23.** : Peu traitée, l’essentiel de réponses donnait un argument valable en dimension finie uniquement.
- **Q 24.** : Bien traitée. Pour les candidats dérivant l’expression, il est attendu d’évoquer la dérivabilité.
- **Q 25.** : Question simple et bien réussie dans l’ensemble, mais il faut citer les questions utilisées.
- **Q 26.** : Question délicate qui a permis aux candidats à l’aise en analyse de s’exprimer.
- **Q 27.** : L’étude en l’infini a été bien réalisée. En revanche, le comportement des fonctions de référence au voisinage de 0 est une difficulté.
- **Q 28.** : Les candidats ayant traité la question ont en général bien identifié et justifié le théorème à utiliser.
- **Q 29.** : Question bien traitée par une bonne part des candidats.

**Partie IV :**

- **Q 30.** : Les relations à déterminer et le formalisme étant introduits dans l’énoncé, l’évaluation de cette question portait essentiellement sur la rédaction de la recherche de solution développable en série entière d’une équation différentielle. En ce sens, cette question a été discriminante, peu de candidats obtiennent tous les points. En particulier, manquent principalement les arguments de régularité de la somme et d’unicité des coefficients d’une série entière ; mais aussi l’équivalence qu’il convenait de démontrer.
- **Q 31.** : À nouveau, le raisonnement avec discussion suivant le paramètre  $p$  a posé problème. La seconde partie sur le degré et l’appartenance à  $E$  a été bien réussie par les candidats l’ayant traitée.
- **Q 32.** : Bien réussie dans l’ensemble.
- **Q 33.** : Les candidats ont presque tous utilisé un produit de fonctions développables en série entière, mais trop souvent sans préciser les rayons.

- **Q 34.** : Bien réussie.
- **Q 35.** : Même remarque que **Q 33.** pour le caractère développable en série entière. Le calcul a bien été discriminant et a permis de mettre en avant les candidats à l'aise dans cette compétence.
- **Q 36.** à **Q 40.** : Partie délicate, excepté **Q 37.** et **Q 38.**, abordée par seulement un quart des candidats. Les meilleurs copies l'abordent entièrement avec succès.

### Partie V :

Cette dernière partie de sujet n'a été abordée que dans un quart des copies.

- **Q 41.** : Il suffisait de faire le lien avec l'injectivité établie en **Q 22.**.
- **Q 42.** : Question relativement simple, bien réussie dans les copies l'ayant abordée.
- **Q 43.** : La difficulté portait sur la justification de l'utilisation du résultat de la partie IV.B.
- **Q 44.** : Assez bien réussie quand elle est traitée.
- **Q 45.** : Il est désarmant de constater qu'une équation différentielle à coefficients constants, en l'occurrence  $y'' - y' = 0$ , soit la majeure difficulté. Une fraction minime des candidats ayant abordé cette question ont réussi cette résolution.
- **Q 46.** : Peu traitée. La difficulté principale était de justifier que  $P_p$  est vecteur propre de  $U$ . Les candidats ayant abordé cette question en ont eu en revanche l'intuition. L'orthogonalité, preuve du cours, a été souvent bien faite.

### Conclusion

Le jury encourage vivement les candidats à utiliser un brouillon et à ne pas commencer systématiquement la rédaction aussitôt l'énoncé lu. Il faut privilégier la qualité sur la quantité, dans la présentation et surtout dans la précision de l'argumentation. Les candidats qui avancent dans un sujet de manière presque linéaire, en donnant tous les arguments importants, qui signalent honnêtement les manques ou les incohérences de leurs propositions ont toujours d'excellentes notes.

Enfin, on ne peut qu'encourager les candidats à mettre l'accent sur le cours et les méthodes de résolutions ; ce n'est qu'en maîtrisant ces points que l'on peut rechercher et proposer des solutions cohérentes à de nouveaux problèmes.

# Physique-chimie 1

## Présentation du sujet

Le sujet est constitué de deux parties indépendantes. La première, davantage orientée vers le programme de chimie de la filière, étudie succinctement la couche d'ozone et débouche sur un questionnement ouvert visant à déterminer l'altitude pour laquelle la concentration en ozone est maximale. La seconde, dont le contenu porte pour l'essentiel sur la propagation d'ondes ainsi que sur quelques éléments de mécanique des fluides, propose d'interpréter au moins partiellement, la formation de nuages prenant l'aspect de la houle et résultant d'une instabilité dite de Kelvin Helmholtz.

Le sujet est de longueur raisonnable et les sous parties de niveaux de difficulté variables, les questions se limitant à des restitutions directes de cours ou au contraire mobilisant des capacités d'analyse, de réflexion et de communication du candidat.

## Analyse globale des résultats

Les candidats sont nombreux à avoir abordé l'ensemble des parties et sous-parties proposées, le plus souvent en respectant la progression suggérée par l'énoncé. Aussi, les questions non guidées, représentant plus de 20 % du barème et s'appuyant sur des documents de natures diverses (photographie, diagrammes, ...) n'ont pas toutes reçues la même attention de la part des étudiants. Le jury souligne l'effort des candidats ayant passé un temps de réflexion suffisant sur ces questions ; il a valorisé de façon significative toute proposition scientifiquement fondée dès lors que le candidat a su extraire les informations pertinentes, en donner une interprétation correcte et exposer sa démarche, même lorsque cette dernière n'a pas conduit à une conclusion parfaite ni complète. À l'inverse, le jury a regretté l'absence de clarté de l'exposé dans plusieurs copies et/ou le manque de rigueur dans l'enchaînement des étapes de la démarche de résolution des questions non guidées.

L'absence de maîtrise des définitions simples et des méthodes classiques (structure électronique, schéma de Lewis, cycle thermodynamique...) rencontrées dans la partie I traitant de chimie et totalisant près d'un tiers des points du barème, s'est avérée dommageable.

Au contraire, le jury a su apprécier les copies démontrant une parfaite assimilation des démonstrations classiques du programme et la compréhension des phénomènes physiques s'y rattachant.

Enfin, le jury est particulièrement sensible à l'expression, à la présentation de la copie, ainsi qu'à la lisibilité de l'écriture qui se dégrade parfois en cours d'épreuve obligeant le correcteur à des efforts de déchiffrement dispendieux ; certains masquent les défauts d'orthographe ou de grammaire par une écriture inintelligible, ce qui n'est évidemment pas une bonne stratégie. D'autres copies surprennent à l'inverse tant la calligraphie et la propreté sont parfaites ; rappelons toutefois que l'objectif premier est de traiter correctement le plus grand nombre de questions. Les candidats sont ainsi invités à remettre des copies à la fois convaincantes dans leur contenu et respectueuses du correcteur quant à la forme : des réponses lisibles non raturées, bien numérotées, rédigées de manière intelligible et sans fautes d'orthographe. Le jury a appliqué un malus dès lors que l'un ou l'autre de ces critères a fait défaut.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury demande aux futurs candidats d'être bien attentifs à la formulation des questions comportant des sous-questions. Aussi élémentaires peuvent sembler les réponses attendues, il convient malgré tout de traiter l'ensemble pour acquérir l'ensemble des points alloués.

Les futurs candidats sont invités à structurer les réponses, plus particulièrement pour les démonstrations et questions non guidées ; citer les hypothèses « par bloc » en entête, sans les invoquer entre deux étapes du raisonnement, n'est pas valorisé. Au passage, il convient de répondre de façon la plus précise possible aux questions de restitution du cours pour ne pas risquer de laisser de côté des points facilement accessibles.

Le jury conseille également d'utiliser un vocabulaire précis ne laissant aucun doute sur la compréhension des phénomènes physiques ou l'interprétation des grandeurs manipulées, d'argumenter toute réponse, de nommer et/ou citer les lois utilisées en rappelant les conditions d'application, de contrôler les formules littérales par vérification de l'homogénéité, l'influence des paramètres et l'usage de notations correctes (vecteur ou scalaire,  $\Delta$  ou  $\delta$  ou  $d$  ou  $\partial$ , ...), de prendre le temps d'effectuer les applications numériques de manière soignée en précisant l'unité s'il y a lieu, de commenter ces résultats numériques, de faire preuve d'honnêteté intellectuelle et de sens critique lorsqu'une valeur semble aberrante. En cas d'exploitation de documents (graphe, photographie, ...) il convient de conduire avec rigueur la détermination des valeurs attendues ou nécessaires en exposant précisément le raisonnement menant à l'extraction de ces données quantitatives.

Lors d'une démonstration ou l'exposé d'un raisonnement, toute nouvelle notation introduite par le candidat doit être clairement définie. Un schéma peut parfois s'avérer judicieux.

Enfin, les futurs candidats pourront porter leur attention sur quelques points spécifiques à ce sujet, exposés ci-après.

**Q 1.** La structure électronique est généralement bien écrite. Les électrons de cœur et de valence sont correctement dénombrés mais sont plus rarement identifiés de façon explicite.

**Q 2.** Les confusions entre période et famille sont fréquentes. Il n'est pas rare de lire dans les copies que l'oxygène appartient à la famille des halogènes.

**Q 3.** La définition d'un isotope est mal connue ou très approximative. On note souvent des réponses vagues semblant associer les propriétés chimiques au nombre égal de protons et d'électrons.

**Q 4.** Des confusions dans l'écriture des abondances en pourcentages ou fractions ramenées à une somme unitaire conduisent à des résultats numériques incorrects. Il n'est pas raisonnable de négliger l'abondance de l'isotope  $^{17}\text{O}$  pour mener ce calcul ; le jury est attentif au respect d'un nombre de décimales en accord avec les données.

**Q 5.** Le jury pénalise un schéma de Lewis fourni sans aucune explication. Des confusions sur les notions de doublets électroniques liants et non liants sont relevées.

**Q 6.** Une lecture sans doute précipitée du préambule de la partie I.A.4) conduit de nombreux candidats à reprendre l'absence de charges formelles dans la molécule d'ozone cyclique comme argument suffisant, justifiant de son caractère apolaire ; il faut en outre examiner la polarité des liaisons, et donc mentionner la présence d'un unique élément. Une explication convaincante s'appuyant sur des arguments de symétrie est tout aussi recevable.

**Q 7.** Le candidat doit s'assurer du respect de la règle de l'octet et du nombre total d'électrons de valence sur l'édifice et ne pas omettre de faire apparaître les charges formelles.

Le plus souvent, la géométrie n'est pas justifiée. La méthode VSEPR est rarement exploitée.

**Q 8.** Cette question ne pose pas de difficulté particulière.

**Q 9.** Des erreurs de signe sont parfois relevées.

**Q 10.** La relation de Planck-Einstein est connue.

**Q 11.** Les relations liant fréquence et longueur d'onde sont connues. Les candidats peuvent néanmoins oublier de calculer l'énergie d'une unique liaison ; cette erreur conduit à un photon largement en dehors de l'UV et il est alors regrettable que les candidats, compte tenu du contexte de l'étude (la mention aux

UV étant d'ailleurs explicite dans le document A.2) ne la détectent pas. Certains ne relèvent pas même d'anomalie dans l'identification aux ondes radio ou au contraire aux rayons gamma.

**Q 12.** L'évolution de la dangerosité est bien comprise mais rarement justifiée.

« L'impact de l'atmosphère sur les rayonnements » est dans bon nombre de copies interprété comme « l'impact des rayonnements sur l'atmosphère ». La réponse est rarement mise en relation avec la longueur d'onde obtenue en **Q 11.** malgré l'indication explicite par l'énoncé.

Le rôle de filtre par l'atmosphère absorbant les rayonnements de longueurs d'onde inférieure à la longueur d'onde de coupure en limite des UVC, est rarement évoqué.

**Q 13.** Pour des raisons évidentes, le candidat ne peut s'appuyer sur la relation issue du modèle de Chapman, liant l'intensité  $I$  à  $z$  apparaissant chronologiquement après cette question, pour répondre. Extraire les éléments utiles des documents et savoir les articuler dans une démarche claire n'est pas une tâche évidente pour beaucoup. L'allure générale de la courbe de  $k_1$  en fonction de  $z$  est souvent satisfaisante mais le contexte de l'étude reste assez mal compris, en particulier l'existence d'un max de  $n_{O_3}$  ; le jury relève régulièrement des analyses mal argumentées et/ou des lois inventées.

**Q 14.** Souvent plus convaincante que la précédente, cette question fait appel à des capacités plus calculatoires. Mais il n'est pas rare que des candidats ayant mené proprement les calculs jusqu'à la détermination de  $z_{max}$  aboutissent finalement à une concentration en ozone à cette altitude parfois « délirante », de l'ordre de la  $\text{mol/m}^3$  et même bien au-delà. Le jury attend que l'aisance calculatoire soit accompagnée d'un regard critique sur les résultats obtenus.

**Q 15.** Il est important de reconnaître les verbes d'action dans la formulation d'une question : « établir » ne peut signifier ici projeter l'équation de la statique des fluides sans que ne soient précisés système, référentiel, bilan des forces, ... Cette remarque est l'occasion de rappeler aux candidats que les questions de cours appelant des démonstrations complètes et rigoureuses sont largement valorisées dans le barème.

Certains candidats oublient les forces sur la surface latérale qui, bien que de résultante nulle, ne peuvent être passées sous silence. Une analyse soignée des invariances du problème est bien sûr recevable.

**Q 16.** Cette question est bien menée en général. Dans de rares cas, la masse volumique considérée comme constante, conduit à une évolution linéaire de la pression  $P(z)$  avec l'altitude. Il arrive aussi de lire une pression qui croît exponentiellement avec l'altitude.

**Q 17.** La notion d'écart relatif n'est pas maîtrisée pour bon nombre. Trop de candidats fournissent une « estimation » de la hauteur du nuage au mètre près et sans aucune autre explication que la mention « grâce à un produit en croix ». D'autre part, les candidats obtenant après calcul une variation relative à peine supérieure à 10 % concluent sur une approximation non valide sans aucune analyse critique de la méthode d'estimation graphique et de sa mise en œuvre.

**Q 18.** L'exploitation des documents n'est pas satisfaisante ; l'analyse supposée s'appuyer sur les transformations subies par la masse d'air, manque de profondeur dans bien des cas. Les candidats se livrent le plus souvent à une paraphrase sans valeur ajoutée et/ou une description du mouvement du nuage devant un relief montagneux, dont on se doute qu'il l'épousera (comme précisé dans le texte) lors de son mouvement. L'idée selon laquelle la température diminue lorsque l'altitude  $z$  augmente sans plus de précision prédomine malheureusement ; il n'est pas rare de lire que « l'air monte donc se refroidit » tandis que le transfert est quand-même qualifié d'adiabatique. Plusieurs candidats utilisent astucieusement l'émagramme afin de justifier les évolutions des variables d'état.

**Q 19.** Le temps d'appropriation du document est sans doute jugé conséquent par les candidats ; aussi, cette question est peu traitée. Les plus courageux, explicitant clairement leur démarche d'exploitation du diagramme, sont bien récompensés. En revanche, le jury ne valorise pas une valeur numérique fournie sans plus d'explication que « par lecture graphique... ».

**Q 20.** Les relations explicites entre les hypothèses stationnaire, incompressible et homogène et leurs conséquences sur  $D_m$  et  $D_v$  sont souvent absconses ou absentes. Peu de candidats font la différence entre une masse volumique indépendante du temps en un point et spatialement uniforme dans l'écoulement, les notions en relation avec les descriptions lagrangiennes et eulériennes (sans avoir recours à la dérivée particulaire de la masse volumique, hors programme) ne semblent globalement pas assimilées. Dire que la masse volumique est une constante n'est à ce titre pas assez précis.

**Q 21.** Cette question est généralement bien traitée.

**Q 22.** La loi de Newton est connue mais parfois mal contextualisée ce qui peut conduire à une erreur de direction et/ou sens. Le jury relève fréquemment une confusion entre force élémentaire de cisaillement et contrainte de cisaillement (grandeur surfacique associée).

**Q 23.** Les notations utilisées pour les vitesses et dimensions caractéristiques introduites à l'initiative du candidat doivent impérativement être définies ; le jury n'a pas à deviner ce que représentent  $D$  ou  $V$  ou encore  $U$  dans la relation attendue comme définition du nombre de Reynolds. On note quelques confusions entre viscosité cinématique et dynamique et des oublis de conversion de la vitesse dans l'unité adéquate. Bien qu'en écoulement atmosphérique, certains s'étonnent d'obtenir une valeur numérique de l'ordre de  $10^9$ .

La deuxième partie de la question visant à valider le profil uniforme de vitesses est rarement réussie : eu égard à la réponse lue dans la majorité des copies, il semblerait que les candidats associent une valeur élevée du nombre de Reynolds à un écoulement dominé... par la viscosité. Le sens physique donné au nombre de Reynolds et plus précisément le lien entre l'analyse en termes de rapport des temps caractéristiques et la dominance de l'écoulement par l'un ou l'autre des effets de l'inertie ou de la viscosité n'est pas correctement assimilé. Une nouvelle fois, le jury précise que « uniforme » et « constant » ne renvoient pas à une même situation physique... Tout cela révèle sans doute une assimilation uniquement « calculatoire » de la mécanique des fluides, sans approfondissement du sens phénoménologique.

**Q 24.** Sous les hypothèses citées par l'énoncé, les candidats écrivent la relation de Bernoulli sur une ligne de courant. Certains comprennent que l'énoncé propose de raisonner sur un tube de courant en écoulement et fournissent l'expression entre deux sections. Les deux approches sont acceptées.

**Q 25.** La question constitue une démonstration de cours ; le jury attend une réponse des plus soignées. Or, une rédaction précise et concise ne s'improvise pas, un travail en amont des candidats est par conséquent indispensable. Le système fermé sur lequel le TEC ou le TEM est parfois mal défini, et rarement en accord avec les notations ( $\Sigma$  et  $\Sigma^*$ ) du texte. Les hypothèses de stationnarité, d'incompressibilité et d'homogénéité (même si ce terme n'est pas explicitement attendu) sont très mal exploitées. L'utilisation du caractère unidimensionnel est quant à lui quasi-totalement absent. Le travail des forces de pression est écrit sans être démontré proprement. D'autre part, malgré une consigne claire, certains candidats appliquent directement le premier principe « industriel » ou réalisent un bilan enthalpique. Les réponses lues à cette question valorisée dans le barème sont globalement insatisfaisantes.

**Q 26.** Cette question est globalement bien traitée.

**Q 27.** Un soin particulier était attendu sur l'allure linéaire du profil dans la zone de mélange, siège des effets visqueux. Le repérage spatial et l'identification des différentes zones se doivent d'être explicites. L'usage d'une règle est requis.

**Q 28.** Les réponses sont le plus souvent non argumentées. Alors qu'ils disposent d'outils d'analyse des écoulements avec les opérateurs divergence et gradient, les étudiants se livrent le plus souvent à des spéculations, d'ailleurs parfois fausses, plutôt qu'effectuer une vérification par un calcul simple.

**Q 29.** Le tracé des lignes de courant autour de l'interface déformée est assez souvent présente. La situation pouvait rappeler la façon dont un profil d'aile modifie d'écoulement autour de lui à haut  $Re$  en dehors de la couche limite. L'argumentation doit cependant être clairement explicitée et en particulier, la variation



de vitesse en lien avec la variation de section offerte à l'écoulement, reliée à la conservation du débit volumique.

**Q 30.** Nombreux candidats utilisent la relation de Bernoulli entre deux points situés de part et d'autre de l'interface au lieu de raisonner sur deux lignes de courant de part et d'autre de cette même interface et possédant les mêmes caractéristiques à l'infini. L'influence du gradient de pression accentuant la déformation initiale de l'interface peut se déduire d'une analyse du contexte ; il est surprenant de constater que certains candidats concluent dans cette section (C) à une réduction de l'instabilité alors que ces mêmes candidats concluent finalement, dans la section suivante (D), à une augmentation de l'instabilité avec le taux de cisaillement ...

**Q 31.** Le jury valorise toute réponse pertinente et en lien avec le contexte d'étude.

**Q 32.** Cette question est globalement bien traitée.

**Q 33.** Dans la plupart des copies, l'expression générale de la solution est correcte. Dans de rares cas heureusement, les candidats mentionnent des solutions oscillantes ou font apparaître des arguments non homogènes dans le terme en exponentielle. L'exploitation des conditions pour  $z$  infini  $a$ , par contre, posé problème pour un grand nombre, dans le demi-espace  $z < 0$ .

**Q 34.** Plusieurs méthodes de résolution sont envisageables ; certains candidats font preuve d'efficacité calculatoire sur cette question, par exemple en séparant parties réelle et imaginaire, et gagnent ainsi un temps précieux. Cependant, le résultat attendu étant fourni, le jury très capable de repérer les démarches « malhonnêtes », est particulièrement vigilant et attend ainsi le plus grand soin dans l'exposé des étapes de calculs menés.

**Q 35.** Les candidats donnent en général correctement  $\omega$  en fonction de  $k$  pour chacune des deux branches.

**Q 36.** Il est demandé une démonstration de la relation fournie, liant vitesse de phase et nombre d'onde. Les candidats s'intéressant à une manipulation du terme de phase et proposant ainsi une justification précise sont bien récompensés.

**Q 37.** Les réponses convaincantes à ces trois questions de cours sont rares.

**Q 38.** Certains candidats omettent d'extraire la partie réelle dans leur réponse. Une analyse dimensionnelle rapide du terme de phase peut permettre aux candidats de repérer efficacement des erreurs relatives aux calculs qui précèdent ou d'inattention au cours de l'identification.

**Q 39.** Cette question est en général bien menée lorsqu'elle est traitée. Le développement de l'instabilité, initié dans la partie (C), est correctement relié à la divergence en exponentielle du temps ; le temps caractéristique de cette divergence est rarement relevé (pourtant utile aux questions **Q 41.** et **Q 42.**), mais le lien avec le taux de cisaillement ne pose pas de problème.

**Q 40.** Là encore, cette question est en général correcte lorsqu'elle est traitée en dehors de toute « chasse aux points d'urgence ».

**Q 41.** L'allure du tracé à  $x$  et  $t$  fixés est assez souvent correcte mais le positionnement et l'interprétation de  $\delta$  régulièrement imprécis. L'analyse de l'évolution avec le temps est en général incomplète : très peu de candidats font allusion à des pseudo-oscillations et/ou précisent le temps caractéristiques de l'amplification de l'amplitude au cours du temps.

**Q 42.** L'allure est très souvent sommaire et peu soignée. Le repérage graphique de  $k$  (ou  $\lambda$ ), point de départ de la question suivante, est quasi-absent, de même que la précision du temps caractéristique de l'amplification au cours du temps, là encore.

**Q 43.** La question est très peu abordée. Une tolérance assez large sur les valeurs numériques (longueur d'onde ou extension spatiale verticale de la perturbation) extraites de la photographie est accordée. Aussi,

toutes les démarches pertinentes relevées et conduisant à un ordre de grandeur numérique satisfaisant pour le temps caractéristique du développement de l'instabilité sont bien récompensées.

### **Conclusion**

Le jury félicite cette année encore les candidats ayant remis des copies tout à fait remarquables, attestant des efforts engagés durant ces deux années de classes préparatoires, malgré un contexte sanitaire difficile. Il espère que ces quelques éléments de rapport aideront les futurs candidats à se préparer efficacement aux épreuves écrites des prochaines sessions et les encourageront, en particulier, à soigner les démonstrations de cours valorisées par les barèmes.

## Physique-chimie 2

### Présentation du sujet

Le sujet PSI Physique-Chimie 2 propose aux candidats l'étude de la sécurité d'une plongée à très grande profondeur à partir de l'exemple de l'expédition Deepsea Challenger menée par James Cameron dans la fosse des Mariannes. Le sujet, comportant quatre parties de physique et une de chimie, aborde des domaines variés du programme de physique et de chimie de CPGE.

En première partie, après une étude d'un modèle prenant en compte la compressibilité de l'eau pour estimer la pression dans la fosse des Mariannes, les candidats sont invités à évaluer la masse de ballast libéré par le sous-marin afin de pouvoir remonter à la surface (question ouverte). La deuxième partie est consacrée à l'estimation de la durée de vie du pilote sans apport extérieur de dioxygène. La troisième partie aborde un système de libération galvanique programmée (GTR : *galvanic timed release*). Elle comporte une question ouverte invitant les candidats à évaluer la durée au bout de laquelle le système GTR libère automatiquement le ballast par la corrosion spontanée d'une goupille en métal fortement réducteur. Enfin, la quatrième partie concerne deux stratégies de communication entre le bateau de surveillance et le sous-marin (propagation des ondes radio dans l'eau de mer puis communication par ondes acoustiques).

Les compétences évaluées dans ce sujet sont diverses, complètes et de difficultés différentes et graduées : questions proches du cours, raisonnements simples, raisonnements plus complexes, questions ouvertes avec analyse de documents, représentations graphiques, exploitation de graphes.

La plupart des savoir-faire exigibles en filière PSI devaient être mis en œuvre : schématisation, algébrisation, application numérique, rigueur de l'argumentation, esprit critique, maîtrise des ordres de grandeurs.

### Analyse globale des résultats

Les questions de physique et de chimie représentent respectivement 78 % et 22 % du barème.

Si les candidats ont abordé les différentes parties de manière assez équilibrée, le taux de réussite est meilleur sur la partie I (en raison de la question ouverte **Q 7.** souvent traitée) et sur la partie IV qui comporte de nombreuses questions de cours. Comme les années précédentes, le jury est déçu des prestations en chimie, même si dans ce sujet, on peut expliquer ce constat par la question ouverte **Q 14.** qui nécessite une réflexion approfondie.

Les questions ouvertes ont été inégalement abordées. Les questions **Q 7.** et **Q 10.** ont été traitées par trois-quarts des candidats. Alors que les prestations sont souvent satisfaisantes pour l'estimation de la masse de ballast (**Q 7.**), peu de candidats ont trouvé un ordre de grandeur raisonnable de la durée de survie du pilote en **Q 10.**, le plus souvent à cause d'un problème de dimensionnement du volume de l'habitacle. Un quart des candidats a abordé la question **Q 14.** et seuls ceux qui y ont consacré une durée suffisante ont réussi à y répondre, au moins partiellement.

Le sujet comporte de nombreuses questions de cours qui ont été traitées de manière inégale. Seuls les candidats rédigeant de manière **complète** et **précise** obtiennent l'intégralité des points sur ces questions. Les abréviations (PFD, PFS, MA, MG, etc) doivent être réservées au brouillon et ne doivent pas apparaître dans la copie finale. Les applications numériques ne doivent pas être négligées et doivent être accompagnées de l'unité adaptée. Il est étonnant de lire des durées de  $10^{-10} \text{ F} \cdot \text{S}^{-1}$  par exemple.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Les correcteurs attendent des copies respectueuses du lecteur : lisibles et rédigées de manière compréhensible. Un mot ou une phrase barrée proprement n'est pas sanctionnée à condition que le candidat ne récrive pas par-dessus.

Les correcteurs valorisent les réponses argumentées et sanctionnent les copies où des résultats sont écrits sans aucune explication.

Le jury rappelle quelques *règles de rédaction*.

- **Utiliser un vocabulaire précis** ne laissant aucun doute sur la compréhension des phénomènes et sur la validité de la réponse.
- **Définir toute notation** nécessaire à la rédaction, non introduite par l'énoncé.
- **Argumenter**. Un schéma bien légendé, la citation d'une loi, un rappel à un résultat précédemment établi sont des éléments de rédaction attendus et valorisés dans le barème. *A contrario*, les suites d'équations ou de formules non expliquées sont sanctionnées, surtout lorsque le résultat est fourni.
- **Distinguer les grandeurs scalaires des grandeurs vectorielles et être rigoureux**. Des inégalités entre des vecteurs ou des complexes, des signes de vecteurs ou de complexes, montrent que le candidat ne maîtrise pas la nature des grandeurs qu'il manipule.
- **Soigner les graphes**. Une représentation graphique avec des axes non légendés n'est pas notée. De même, les points remarquables doivent être mis en évidence.

Le jury recommande aux candidats de *bien lire l'énoncé*, de respecter les notations imposées et d'utiliser les indications fournies. Des candidats n'ont pas choisi l'orientation de l'axe  $Oz$  imposé par l'énoncé dans la partie I. D'autres n'ont pas tenu compte de l'hypothèse  $\omega \ll \omega_c$  dans la question **Q 20**.

Le jury attire l'attention des candidats sur *l'honnêteté* des calculs menés. Dans cette épreuve, plusieurs candidats ont obtenu les expressions des questions **Q 4**, et **Q 5**, alors qu'ils n'ont pas choisi un axe  $Oz$  ascendant contrairement aux consignes du sujet. Les correcteurs ont constaté des manipulations identiques dans la question **Q 27**, où certains obtiennent l'équation de d'Alembert alors qu'une des trois équations couplées sur  $p(z, t)$ ,  $\mu(z, t)$  et  $v(t)$  présente une erreur de signe.

Pour les *questions ouvertes ou non guidées*, le jury conseille aux futurs candidats de travailler les points suivants :

- indiquer clairement la référence du document dont est extraite une information ;
- attribuer un symbole aux grandeurs physiques manipulées ;
- détailler chaque étape du raisonnement et chaque calcul lorsque le raisonnement est réalisé en plusieurs étapes ;
- illustrer le problème par des schémas détaillés, légendés, annotés qui se substituent ainsi à de longs discours ;
- commenter, critiquer, valider le résultat final de manière convaincante (par comparaison à une valeur de référence par exemple).

### I – Pression et plongée

**Q 1**. L'interprétation de la relation de la statique des fluides n'est correcte que dans 15 % des copies. Donner le nom de la loi n'est pas la réponse attendue. Des candidats confondent également l'équilibre du

sous-marin avec l'équilibre d'une particule fluide. La signification des deux termes de la relation n'a pas eu tellement plus de succès. Les points n'ont été attribués qu'aux candidats qui ont clairement identifié des forces **volumiques** en donnant leur origine physique.

**Q 6.** L'application numérique a été souvent correcte. Une comparaison quantifiée entre la pression mesurée et celle obtenue par le modèle est attendue, sous la forme notamment d'un écart relatif.

**Q 7.** Le jury se félicite que de plus en plus de candidats structurent leur raisonnement dans les questions non guidées. Le barème récompense ce savoir-faire. Les correcteurs attendent de lire :

- la liste de toutes les **données pertinentes** pour répondre à la question et la **référence** aux documents utilisés (figure 1 pour l'exploitation de la forme du sous-marin, figure 2 pour la justification du choix du  $C_x$ ...). Le candidat doit attribuer un symbole à toutes les grandeurs qu'il introduit dans la mise en équation. Le jury rappelle qu'il est préférable de donner des expressions littérales et non des juxtapositions de calculs.
- **l'exploitation de ces données** pour répondre à la question. À ce stade, le candidat doit rédiger, *par des phrases*, les étapes du raisonnement. Une liste de formules littérales ou de valeurs numériques non argumentées est sanctionnée. Par exemple, pour cette question, des schémas montrant la position du sous-marin et les forces qu'il subit à la descente et à la montée favorisent la résolution et la lecture par le correcteur.
- la réalisation des **applications numériques**. Il n'est pas interdit de réaliser des applications numériques intermédiaires.
- le **commentaire** final qui doit être quantitatif. Les réponses du type « cette masse est bien trop grande (ou petite, ou correcte) » ne sont pas récompensées. Le jury a attribué des points sur cette phase de validation aux candidats qui ont comparé cette masse à une masse de référence (ordre de grandeur de la masse totale du sous-marin par exemple ou d'un autre véhicule même terrestre).
- Enfin, un résultat aberrant doit être signalé. Il est inquiétant qu'un futur ingénieur ne s'émeuve pas d'une masse de ballast négative, d'une masse de l'ordre du gramme ou de  $10^4$  tonnes.

Il est fréquent que des candidats n'identifient pas la poussée d'Archimède comme la résultante des forces pressantes ; ils la prennent en compte deux fois dans les actions extérieures subies par le sous-marin.

## II – Risque d'hypoxie

**Q 8.** Près d'un candidat sur deux ne connaît pas la composition moyenne de l'air présent dans l'atmosphère terrestre au niveau de la mer. La confusion entre azote et diazote ou entre oxygène et dioxygène a été sanctionnée. Seuls les candidats qui ont précisé que les valeurs citées étaient des fractions molaires ont obtenu la totalité des points.

**Q 9.** Quand on demande d'établir un résultat fourni par l'énoncé, la rédaction et l'argumentation doivent être irréprochables, concises et rigoureuses. Trop de candidats pensent avoir réussi alors qu'ils manipulent des volumes de dioxygène dans l'air au lieu de quantités de matière.

**Q 10.** Le volume d'air contenu dans l'habitacle a été source d'erreurs au-delà du raisonnable. L'habitacle est légendé sur la figure 1 et son caractère sphérique ne fait pas de doute. Le jury a été bienveillant avec les candidats qui ont choisi un habitacle cylindrique de longueur raisonnable mais n'a pas accepté les habitacles occupant la totalité du sous-marin.

## III – Système de libération du ballast

**Q 11.** Le jury est déçu que tant de candidats n'identifient pas l'oxydation et la réduction. Une lecture des courbes courant-potentiel fournies par l'énoncé apporte immédiatement la réponse. Ajoutons qu'une

équation de réaction chimique doit mettre en évidence les états physiques des réactifs et produits de la réaction.

**Q 14.** L'énoncé ne cache pas que les deux électrodes ont des surfaces différentes. Réussir cette question nécessitait de prendre le temps de construire les étapes du raisonnement : estimation des surfaces des deux électrodes, lien entre ses surfaces et les courants surfaciques anodique et cathodique, exploitation des courbes courant-potentiel. Comme en **Q 7.**, l'étape de validation du résultat a été souvent négligée, voire totalement oubliée. Tout commentaire pertinent est noté par les correcteurs.

#### **IV – Communication**

Les candidats qui maîtrisent bien le cours ont bien valorisé leurs connaissances dans cette partie. Le jury a été attentif à la rigueur de la rédaction et a sanctionné les notations incorrectes (égalités entre vecteurs et scalaires par exemple) ou l'absence de détails dans une démonstration.

**Q 19.** 63 % des candidats qui abordent cette question n'identifient pas correctement les termes de courants de conduction et de déplacement.

**Q 21.** La détermination précise de  $k$  doit faire intervenir le sens de propagation de l'onde, indiqué dans l'énoncé.

**Q 22.** Le vecteur de Poynting instantané ne peut être déterminé à partir des champs électrique et magnétique complexes.

#### **Conclusion**

Une rédaction de qualité, notamment pour les questions les plus classiques (grandeurs utilisées définies, lois citées, raisonnement argumenté, résultats commentés) a permis à de nombreux candidats de se démarquer.

Une maîtrise des connaissances et savoir-faire acquis durant les deux années de classes préparatoires associée à une rédaction soucieuse du correcteur sont les clés de la réussite.

Le jury souhaite que ces conseils permettent aux futurs candidats de se préparer efficacement et avec confiance aux épreuves écrites du concours Centrale-Supélec.

# Sciences industrielles de l'ingénieur

## Présentation du sujet

Le support d'études de l'épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur de la session 2022 est un « *Système de stabilisation active pour des opérations à cœur battant* » conçu pour maintenir les déplacements du cœur dans une plage limitée pendant une opération à cœur battant. Les efforts cardiaques sont ici, considérés d'amplitude connue et comme un signal perturbateur périodique dans une plage de fréquences donnée par la fréquence de battements du cœur. Dans le contexte opératoire, l'utilisation d'un actionneur électrique ne pouvant être envisagée, les concepteurs ont retenu comme actionneur l'action de l'effet gyroscopique et installé un gyroscope sur le système pour contrôler les battements cardiaques.

Le sujet a été construit en quatre parties selon un fil conducteur menant le candidat de l'analyse d'une solution passive à une solution active reposant sur la mise en place d'une loi de commande qui rejette l'effet de la perturbation induite par les efforts cardiaques.

- **La première partie**, relativement courte, avait comme objectif d'amener le candidat à s'approprier le contexte et la problématique. Elle portait sur l'analyse des performances d'une solution passive et de conclure sur son incapacité à respecter le cahier des charges et donc de la nécessité de l'utilisation d'une solution active.
- **La deuxième partie** du sujet avait comme objectif de définir le modèle de l'actionneur gyroscopique et du stabilisateur. Cette partie a amené les candidats à déterminer le modèle dynamique du stabilisateur servant de base dans la suite de l'étude pour définir et déterminer une loi de commande globale.
- **La troisième partie** avait comme objectif le réglage de la loi de commande du stabilisateur.
- **Une question de synthèse**, a permis aux candidats d'analyser les trois structures potentielles, à les comparer puis à conclure sur la capacité du système de stabilisation active à maintenir le déplacement du cœur dans les limites exigées par le cahier des charges.

## Analyse globale des résultats

Comme chaque année, le jury apprécie la qualité exceptionnelle de certaines copies, et donc des excellentes notes qui en résultent. En cela, il veut transmettre aux candidats, mais aussi à leurs formateurs, les félicitations qu'ils méritent. Cet état de fait conforte le jury quant à l'orientation des sujets et de leur contenu.

L'organisation du sujet a été conçue en vue de permettre à la majorité des candidats de s'exprimer et à un nombre très important d'entre eux à réussir à traiter l'ensemble des questions. Le jury note cependant qu'un nombre non négligeable de réponses sont données sans préciser la démarche, les hypothèses et seule une (des) expression(s) (ou des valeurs numériques) finale(s) est (sont) fournie(s). Par exemple dans le calcul d'un moment dynamique (**Q 15.**, **Q 17.**), dans celui d'un modèle d'évolution (et de l'inertie équivalente) (**Q 18.**), dans le calcul d'un gain maximal assurant la stabilité d'un système bouclé (**Q 16.**), ...

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury rappelle l'importance fondamentale qui est attribuée à la justification « correcte » des hypothèses, l'énoncé des savoirs et la conduite des démarches utilisées lors du traitement des questions par les candidats. Un résultat non justifié, même juste, ne peut être valorisé lors de la correction. Par exemple, dire

que le cahier des charges est respecté, sans citer l'exigence ou le critère du cahier des charges dont il est question, ne peut être considéré comme convenable par le jury. De même, l'utilisation du théorème de la valeur finale, s'il n'est pas correctement énoncé et utilisé, sera pénalisée, quand bien même le résultat obtenu et la conclusion associée seraient justes.

Dans les sessions à venir le jury valorisera, dans l'évaluation des prestations, **la prise en compte de la méthode, la cohérence des résultats intermédiaires et la rigueur des candidats** dans la construction des réponses aux questions. Un résultat **sans les justifications minimales** nécessaires sera considéré comme faux. L'intuition est importante à condition qu'elle soit accompagnée par la rigueur méthodologique indispensable.

## I – Résultats expérimentaux et modélisation du mécanisme

Cette partie, faisant l'objet des questions (**Q 1.** à **Q 4.**), permettait au candidat de comprendre le contexte, le besoin d'une solution de filtrage actif des perturbations, de formuler le modèle de la liaison entre la table d'opération et le stabilisateur et enfin d'exprimer la direction du moment permettant de compenser les perturbations.

Dans l'ensemble cette partie a été bien réussie. Les principales erreurs relèvent d'un manque de précision dans la lecture des graphes fournis et en conséquence à des erreurs ou à des valeurs aberrantes avec des unités fantaisistes dans les amplitudes angulaires de déplacement du stabilisateur. Certains, d'une façon surprenante, font des erreurs de calculs en dépit d'expressions analytiques correctes. Enfin, beaucoup, ne connaissent pas les caractéristiques d'un axe.

## II – Effet gyroscopique et modélisation du stabilisateur

L'ensemble des questions (**Q 5.** à **Q 20.**) de cette partie avait comme objectif d'amener les candidats à établir les modèles nécessaires à la conception de la loi de commande du stabilisateur.

### II.A – Étude de l'effet gyroscopique généré par le système GyroLock

Cette partie, objet des questions (**Q 5.** à **Q 10.**) proposait aux candidats d'analyser les actions mécaniques permettant de représenter l'effet gyroscopique et les relations caractéristiques de ce type d'actionneur.

Dans l'ensemble cette partie a été assez bien réussie par beaucoup de candidats. Des manques de rigueur sont notés dans les aspects dynamiques comme dans (**Q 8.**) où beaucoup de candidats remplacent l'utilisation du moment dynamique par une réponse intuitive en évoquant une compensation statique.

On note aussi parfois des réponses approximatives lorsqu'il s'agit de conclure sur des approximations numériques (une valeur numérique n'est importante ou faible que par rapport à une référence) (**Q 10.**). Certains candidats utilisent d'une façon maladroite des expressions « petit, faible, ... » pour qualifier des grandeurs proches de 0 (**Q 9.**).

### II.B – Réglage du correcteur de la chaîne d'asservissement de l'étrier

Un des problèmes de ce type d'actionnement est sa dérive. La solution choisie a été de mettre en place une boucle d'asservissement locale faisant l'objet des questions (**Q 10.** à **Q 13.**). Comme confirmé dans la partie III, une majorité de candidats maîtrise la manipulation et la réduction de schémas blocs.

Le jury note cependant un manque de rigueur lorsqu'il s'agit d'utiliser le théorème de la valeur finale (**Q 10.**). Il était en effet possible de déterminer un résultat correct avec une double erreur à savoir l'expression fautive du théorème concerné et de celle de la transformée de Laplace du signal d'entrée, ou encore de conclure sur le bon choix du correcteur avec des erreurs dans le calcul des limites. Ce type de réponses ne peut être accepté et la cohérence de la démarche et des résultats intermédiaires est indispensable.



## II.C – Comportement dynamique du stabilisateur

L'ensemble des questions (**Q 14.** à **Q 20.**) de cette partie conduisait le candidat à définir le modèle dynamique d'évolution du stabilisateur en prenant comme entrées le couple généré par l'actionneur gyroscopique (lié à sa vitesse de rotation) et l'effort cardiaque, considérés respectivement comme les grandeurs de commande et de perturbation.

D'une façon générale la majorité des candidats arrive à définir la démarche nécessaire (**Q 14.**) mais une partie non négligeable éprouve des difficultés pour la mener avec rigueur. En particulier pour déterminer d'une façon rigoureuse les expressions des moments dynamiques où trop d'erreurs sont faites dans les expressions de changement de point.

Le jury demande aussi aux candidats de préciser leur démarche avec méthode et rigueur, de ne pas limiter leur réponse à une expression sans aucune justification (**Q 18.**).

Les candidats devaient calculer numériquement (**Q 20.**) les constantes de la fonction de transfert sans oublier d'indiquer les unités du gain et de la pulsation propre. De plus, le jury attendait que les candidats commentent le coefficient d'amortissement très faible obtenu qui donne lieu à des oscillations importantes en régime temporel et à une résonance importante en régime fréquentiel. Certains candidats ont bien compris la question et concluent sur le contexte du stabilisateur qui se prête très mal à des dépassements importants et/ou à une résonance importante.

## III – Réglage de la loi de commande du stabilisateur

Cette partie amenait les candidats à concevoir une loi de commande pour un filtrage actif des perturbations dues à l'effort cardiaque dans une bande de fréquence limitée.

### III.A – valeur maximale de $K_p$

Un retour d'état partiel, déterminé avec les seules notions développées dans le programme, avait comme objectif d'amortir le comportement en boucle fermée. Pour cela, le calcul des gains était exploité en vue d'assurer la stabilité en boucle fermée par une analyse simple des marges de stabilité (gain et/ou phase) (**Q 21.**, **Q 22.**). Une part importante de candidats aborde ces questions sans difficulté mais des réponses sans justification conduisent parfois à douter de l'exactitude de la démarche. Des confusions apparaissent entre la plage de pulsations typiques du signal de perturbation et la pulsation de coupure de la chaîne d'asservissement (**Q 22.**). L'analyse de stabilité doit prendre en compte l'ensemble des pulsations et ne pas se limiter au spectre seul des signaux d'entrée.

### III.B – vérification de la valeur de $K_p$

La validation des performances de la loi de commande faisait l'objet des questions (**Q 23.** et **Q 24.**) et amenait les candidats à montrer l'incohérence entre le gain maximal assurant la stabilité et une valeur de gain assurant le niveau nécessaire de rejet des perturbations. Des erreurs sont notées car beaucoup de candidats n'interprètent pas le gain maximal assurant la stabilité comme une borne maximale (qui, de plus, n'assure pas de marge de stabilité) et concluent d'une façon erronée.

Cette partie (**Q 21.** à **Q 24.**) avait comme objectif d'amener les candidats à comprendre la nécessité de compléter la première loi de commande afin d'assurer le niveau de performance attendu vis-à-vis du rejet des perturbations.

### III.C – amélioration des performances par compensation de l'effort cardiaque

Les questions (**Q 25.** à **Q 28.**) conduisaient les candidats à établir un correcteur par anticipation fondé sur la compensation de la perturbation. L'intérêt de l'approche est de conserver le niveau d'amortissement du bouclage stabilisant et de réduire l'effet des perturbations. Cette partie montre que la majorité des candidats manipule et réduit d'une façon efficace les schémas blocs et arrive à exprimer le correcteur.

Elle montre aussi les capacités des candidats à réduire le correcteur de façon à conserver le niveau de performances souhaité (Q 28.) tout en limitant sa complexité.

**Une question de synthèse (Q 29.)** invitait les candidats à conclure sur les performances de la solution proposée en exploitant les réponses fréquentielles (en boucle ouverte et en boucle fermée, sans puis avec anticipation) et les réponses temporelles fournies. Si la conclusion sur la réponse temporelle restait simple et ne posait aucun problème, l'analyse des réponses fréquentielles est plus contrastée. Beaucoup de candidats ont montré des difficultés à mettre en évidence et à bien séparer les apports de la boucle fermée qui assure un bon amortissement mais ne peut assurer seule le rejet de perturbation, de ceux du correcteur par anticipation qui ne peut amortir le comportement mais dont l'objectif est le rejet des perturbations. Beaucoup de candidats n'ont pas réussi à bien dissocier l'amortissement lié au réglage de la loi de commande et visible en analysant la résonance harmonique, de celui du rejet de perturbations dans une plage de pulsations limitée (située en dessous de la pulsation de résonance) caractérisé par le gain dans la plage considérée.

## Conclusion

Le jury souhaite rappeler la conclusion de la précédente session car elle reste opportune « Les sujets de sciences industrielles pour l'ingénieur sont construits autour d'une problématique industrielle. Découpsés en plusieurs parties, ils proposent une progressivité dans la démarche de compréhension du système, d'analyse, de modélisation et de validation. Ainsi, les candidats qui papillonnent, en ne traitant pas les problèmes dans l'ordre, éprouvent davantage de difficultés à répondre aux questions. Le jury rappelle tout le bénéfice que les candidats peuvent tirer de la lecture complète du sujet avant de commencer proprement la rédaction ».

La validation de l'étude en sciences industrielles pour l'ingénieur est conduite par l'analyse de l'écart entre les performances attendues, données dans le cahier des charges, et les performances simulées, calculées au fil des questions. Le jury ne peut se satisfaire de réponses superficielles. Cette analyse doit être conduite avec rigueur et méthode. L'écart ne peut être que la « différence » entre les niveaux attendus et réalisés pour un critère clairement identifié et caractérisé par une métrique. Le jury conseille donc de lire attentivement le cahier des charges pour identifier les critères et les niveaux d'exigence demandés. Il attend qu'ensuite, les candidats se prononcent sur la pertinence de la solution.

Comme chaque année, le jury se réjouit de trouver d'excellentes copies qui sont manifestement le fruit d'un travail soutenu et de compétences affirmées. Par la qualité de leur prestation, ces candidats valident la longueur et l'adéquation de l'épreuve au public visé. Par leur exemple, ils encouragent les futurs candidats et leurs formateurs à persévérer dans la voie de l'excellence de la préparation.

# Informatique

## Présentation du sujet

Le sujet étudie les circuits de formule 1. La première partie traite une modélisation discrète, assez simple, d'un circuit automobile. La seconde partie est une modélisation continue, plus complexe. La troisième partie étudie le parcours d'une voiture sur les circuits.

Enfin, la quatrième partie évalue les candidats sur les bases de données.

## Analyse globale des résultats

Chacune des parties du sujet est progressive, ce qui a permis d'étaler les notes. Toutes les parties du sujet ont été traitées par les candidats, 124 candidats ont abordé l'intégralité des questions du sujet et 13 d'entre eux n'ont eu zéro à aucune question.

Les candidats ont pu montrer leurs compétences en informatique. Cette année, le sujet a mis l'accent sur les compétences en programmation.

Le jury est globalement satisfait du niveau en informatique atteint par les candidats et encourage les futurs candidats à travailler cette matière importante dans le cursus d'un ingénieur.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Programmation en Python

Le sujet comporte un grand nombre de questions de programmation en Python où il est demandé aux candidats d'écrire une fonction satisfaisant une certaine spécification. Cette spécification contient plusieurs exigences (type d'entrée, type de sortie, ce que doit calculer la fonction, ...). Les candidats sont invités à faire attention à toutes ces exigences. Idéalement, la fonction écrite par le candidat les satisfait toutes.

Cette année, le jury a remarqué que les types d'entrée et de sortie n'ont pas toujours été respectés par les candidats. Néanmoins, le jury constate avec satisfaction que les candidats sont moins gênés par des détails techniques (par exemple les bornes correctes des boucles `for`) et font preuve d'une certaine aisance en programmation.

### SQL

Le sujet comporte cinq questions sur les bases de données. Deux d'entre elles (**Q 27.**, **Q 28.**) demandent d'écrire une requête SQL. Une demande de comprendre un requête déjà écrite (**Q 29.**). Le jury est globalement satisfait de la maîtrise de SQL par les candidats.

Les deux autres questions (**Q 25.** et **Q 26.**) se posent en amont de la construction de la base de données : quelle clef primaire choisir ? Quelle va être la taille de ma base de données ? Il est important de bien comprendre qu'on ne peut pas utiliser la base de données pour répondre à des questions qui se sont posées en amont de sa création.

### Manipulation des booléens

La manipulation des booléens est un point difficile, sur plusieurs niveaux.

Articuler correctement les conditions, éviter les imbrications de « if », demande de travailler la logique.

En outre, les candidats devraient avoir conscience que les booléens sont des valeurs comme les autres, qu'ils peuvent être manipulés comme n'importe quel autre type de valeurs (entiers, flottants, etc.). Certains codes trahissent une mauvaise compréhension du rôle des booléens, par exemple des codes de la forme suivante :

```
if condition == True :
    return True
else :
    return False
```

### Questions faisant appel à des connaissances d'autres disciplines

Plusieurs questions font appel à des connaissances de mathématiques ou de physique. Les candidats doivent être capable de mobiliser les connaissances qu'ils ont acquis dans d'autres disciplines. Il est important de garder un recul critique sur les résultats des applications numériques.

### Read the manual

Plusieurs questions (**Q 9.**, **Q 12.**) demandent d'utiliser des fonctions dont la description est donnée dans le sujet. Le jury encourage les candidats à bien lire et assimiler les descriptions de ces fonctions. Ces questions ont été assez bien traitées, même si souvent, quelques détails techniques étaient négligés.

### Lisibilité

Le jury insiste sur l'effort que les candidats doivent faire pour être lisibles, Si certaines copies étaient parfaitement claires et compréhensibles, d'autres étaient plus difficiles à déchiffrer, ce qui a pu créer des ambiguïtés dans le code Python (par exemple, dans certaines copies, il était difficile de différencier certains noms de variables).

Les candidats sont invités à faire particulièrement attention à la lisibilité de leur code. Cette lisibilité peut souvent être améliorée facilement en évitant certains noms de variables (comme `o`), et en évitant de donner des noms trop semblables à des variables différentes.

### Remarques particulières sur certaines questions

**Q 2.** Cette question évalue la capacité des candidats à exécuter à la main une fonction pour en déterminer le résultat. C'est une compétence importante, utile à la compréhension de la programmation. Le jury est peu satisfait des réponses à cette question. 96 % des candidats ont traité cette question, 62 % des candidats ont eu une réponse au moins partiellement correcte, seulement 25 % des candidats ont traité parfaitement cette question.

**Q 5.** Cette question demande de combiner plusieurs conditions, en particulier, que le nombre de virages à gauche soit égal à 0 modulo 4 n'est pas une condition suffisante. Il faut gérer à la fois une condition sur la direction, et une condition sur la position. Ceci a présenté une difficulté à 16 % des candidats qui n'ont pas traité ou ont eu zéro à cette question.

**Q 21.** et **Q 22.** La fonction `temps_droite` demandée à la **Q 21.** doit renvoyer un couple de flottants. Cette exigence a perturbé certains candidats qui n'ont renvoyé qu'une des deux valeurs demandées ou qui ont utilisé `temps_droite` à la **Q 22.** comme si elle renvoyait un unique flottant.

**Q 25.** Dans cette question, il est demandé de justifier pourquoi la base de données a été construite, Les arguments utilisant la structure de la base de données (comme la présence du champ `pi_id` dans d'autres

tables) ne sont donc pas pertinent. Les candidats doivent avoir conscience que des choix ont été faits lors de la création de la base de données, que d'autres choix auraient pu être fait et doivent être capable d'identifier ces choix et de discuter de leur pertinence. 62 % des candidats ( 72 % des candidats ayant abordé cette question) l'ont parfaitement traitée.

**Q 26.** Cette question ne demande pas de requête, mais demande d'estimer la taille des données que la base de données devra traiter. L'objectif est d'estimer la taille que va prendre la base de données avant de la construire.

Il est aussi attendu des candidats d'avoir un regard critique sur les valeurs numériques qu'ils obtiennent. Si le candidat trouve qu'il y a moins de 100 lignes à traiter, il peut s'interroger sur la pertinence d'utiliser une base de données.

Cette question est la moins bien réussie de la partie IV. Seuls 14 % des candidats l'ont parfaitement traitée (27 % des candidats ont eu des points sur cette question).

## **Conclusion**

Les résultats des étudiants sont globalement satisfaisants. Le recul vis-à-vis du problème posé, la compréhension des objets manipulés, la clarté et la concision de l'expression sont autant d'atouts qui serviront les candidats en informatique et, plus généralement, dans leur carrière d'ingénieur.

# Allemand

## Présentation du sujet

Le dossier à synthétiser en allemand comportait trois articles de presse et un sondage d'opinion. Il conduisait à confronter un concept familier aux observateurs du monde germanique, le concept de „*Heimat*“, aux réalités du monde d'aujourd'hui, en interrogeant sa dimension psychologique, sociologique et politique.

Au-delà de cet aspect central, il permettait de restituer par le biais de la synthèse quelques pistes importantes, faisant état de l'interaction des documents et d'une pensée en mouvement :

- l'importance pour les Allemands de ce concept et son évolution historique ;
- La diversité des définitions mais aussi la possibilité d'un consensus sur ce que peut être la „*Heimat*“ ;
- la différence entre la „*Heimat*“ et d'autres concepts comme „*Leitkultur*“ et „*Nation*“ ;
- le danger mais aussi l'opportunité d'une instrumentalisation politique de la „*Heimat*“, qui peut exclure ou au contraire intégrer sans stigmatiser ;
- la possibilité de concilier tradition et modernité.

La synthèse conduisait par conséquent à mobiliser des champs lexicaux diversifiés, entre autres le registre historique, psychologique, sociologique et politique. Le sondage sollicitait également la maîtrise de l'évaluation chiffrée en allemand.

## Analyse globale des résultats

L'évaluation a, sans surprise, pris en compte l'analyse détaillée de tous les documents, la formulation d'un titre informatif et précis, qui ne se contente pas d'évoquer de façon générale et évasive le thème de la „*Heimat*“, d'une problématique ni évasive ni générale englobant l'ensemble des documents, la proposition d'une synthèse structurée et l'interaction entre les documents. Si les registres lexicaux sollicités étaient dans l'ensemble bien maîtrisés, on regrettera néanmoins dans certaines copies une tendance, heureusement en régression, à abuser de la citation, ou à s'abstenir de reformuler, ce qui va à l'encontre des recommandations faites aux candidats. Une synthèse n'est ni une paraphrase ni un collier de citations. L'incorrection grammaticale, dans la mesure où elle nuit à l'articulation logique des arguments et à la réception globale du message, a été également sanctionnée, le critère principal étant ici l'intelligibilité. La dégradation nette dans certaines copies cette année de la présentation et de l'écriture, devenue illisible, a été prise en compte lorsqu'elle nuisait à l'intelligibilité immédiate du propos. Dans l'ensemble, la méthode de la synthèse semble désormais être maîtrisée par la majorité des candidats. Toutefois certains candidats se limitent à une apparence de structuration, à une simulation d'enchaînements ordonnés, à un simulacre d'interaction. Ils ont parfois déployé une simple typologie du concept de „*Heimat*“ sans surmonter la diversité des définitions et sans parvenir à faire de la synthèse du dossier une pensée en mouvement. Ils sont invités à prendre confiance en leur capacité à se plier à ces contraintes naturellement, et de ce fait aussi à faire confiance au sujet qui rend possible le déploiement de toutes ces compétences.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### La synthèse et sa méthode

« Il est admis en général que la synthèse reconstitue ce que l'analyse avait séparé et qu'à ce titre la synthèse vérifie l'analyse. » Les candidats sont invités à méditer cette formule de Claude Bernard et à s'en inspirer au moment de passer à la rédaction de leur synthèse, une fois le travail analytique accompli.

Pour mémoire, la synthèse exclut tout commentaire. Les candidats sont donc invités à ne pas se laisser aller à un commentaire personnel, aussi pertinent soit-il, que ce soit dans l'introduction ou dans la conclusion. Le titre devait renvoyer à l'ensemble du corpus et non à un aspect saillant d'un des documents. On se doit de proscrire les titres « passe-partout » et les titres hors de propos à force de vouloir être accrocheurs. Les jeux de mots ont rarement l'efficacité voulue et il convient de rester prudent. L'introduction est la première démarche de la synthèse et se distingue de l'introduction à un commentaire composé. Il convient d'y présenter brièvement les sources, à condition de les caractériser, c'est-à-dire d'en donner la nature et d'en dégager aussitôt l'argument principal. Ceci présente l'avantage de renforcer l'intelligibilité de la synthèse qui suit. Il est en outre attendu de bien définir la problématique générale dans l'introduction. Elle doit prendre en compte l'ensemble des documents et les candidats doivent s'efforcer de prendre du recul pour ne pas proposer de problématique partielle ou biaisée. Il faut aussi se garder de toute contextualisation abusive dans l'introduction. Ainsi, les considérations sur la guerre en Ukraine étaient inopportunes. Le candidat a ensuite le choix : soit présenter les axes de sa synthèse en fin d'introduction, soit se contenter de bien marquer au cours de son développement tout changement de perspective, à condition que ces changements ne soient pas abrupts mais respectent et marquent une logique de progression. Enfin, l'introduction ne doit pas être trop gourmande en mots, ce qui conduirait à déséquilibrer l'ensemble.

Il va de soi que la structuration de la synthèse gagne à être subtile et à dépasser les constructions convenues du type problèmes-causes-solutions ou avantages-inconvénients-synthèse ou phénomène-conséquences-dangers. Là aussi, certains candidats relèvent le défi tandis que d'autres se réfugient dans des schémas préconçus ou se limitent à une simple typologie. Il est important que la synthèse hiérarchise les éléments de l'argumentation et ne néglige pas les éléments qui nuancent les constatations générales.

Parmi les arguments qui ont parfois été négligés cette année :

- la politisation du concept et en particulier sa capacité à exclure ou au contraire à intégrer ;
- Le point de vue du ministre Seehofer et sa volonté de dépasser la „*Leitkultur*“ en revalorisant la „*Heimat*“ ;
- La difficulté à traduire de façon pertinente le concept dans les langues latines ;
- la perception différente suivant qu'on est un homme ou une femme.

Conclure n'est pas une obligation absolue. S'il s'agit de répéter ce qui a déjà été dit ou de glisser un commentaire personnel, mieux vaut s'abstenir. Mais s'il s'agit de finir par un élément particulièrement convaincant, tiré d'un des documents, ou de clore la synthèse par une phrase percutante, c'est-à-dire de produire un effet de conclusion, c'est tout à fait bienvenu.

### La synthèse et les compétences linguistiques qu'elle mobilise

La qualité de la langue et la capacité de reformulation sont évidemment des critères très importants qui vont souvent de pair avec la pertinence de la synthèse. De façon générale, il est impératif de rester exigeant quant à l'usage de la virgule qui n'est pas une convention superflue, mais dont l'usage est absolument nécessaire pour garantir l'intelligibilité immédiate du propos. L'introduction, la présentation

et caractérisation des documents, la problématisation mobilisent un lexique spécifique (dates, sources, interrogation indirecte, hiérarchisation, marqueurs logiques et chronologiques, etc.). Trop de candidats ne maîtrisent pas correctement le genre et le pluriel de termes aussi courants dans ce type d'exercice que *die Umfrage (-n)*, *der Artikel (-)*, *die Gefahr (-en)*, *das Problem (-e)*. La synthèse et l'enchaînement ordonné supposent aussi un entraînement à l'expression de l'opposition, du parallélisme, du paradoxe, du constat de faits. Il convient enfin d'éviter toute faute sur des mots donnés dans le sujet comme par exemple le titre ou la source des documents.

Cette année encore, les candidats sont encouragés à viser un degré élevé de correction morphologique et syntaxique, dont l'absence ne saurait être totalement compensée par une bonne compréhension ou une synthèse habile. On ne peut ici que renvoyer aux rapports précédents et évoquer les lacunes principales constatées cette année : accord sujet/verbe, place du verbe conjugué dans la principale, la subordonnée et l'indépendante, déclinaison du groupe nominal, cas régis par les prépositions, déclinaison de l'adjectif substantivé, etc.

## Conclusion

Les futurs candidats sont invités à acquérir un niveau linguistique solide sur le plan grammatical et à privilégier une langue naturellement idiomatique. Il leur faudra savoir évoluer sur tout type de terrain et continuer à s'entraîner de façon intensive à la compréhension de l'écrit, ce qui s'avère payant comme montre le niveau élevé de compréhension des documents cette année encore. La cohérence de la synthèse doit prendre en compte la totalité des documents. Le respect du contenu des documents, la mise en évidence de leur interaction, le temps consacré à une analyse méticuleuse préalable ainsi que le souci d'une habile reformulation lexicale restent les clefs d'une synthèse de qualité.



# Anglais

## Présentation du sujet

Cette année, le dossier proposé pour les filières MP, PC et PSI est composé de quatre documents qui permettent de s'interroger sur les solutions de substitution à l'argent liquide qui ont fleuri depuis plusieurs années, qu'il s'agisse du paiement sans contact, du paiement mobile ou encore des cryptomonnaies. Avec l'utilisation croissante de ces nouveaux usages d'une monnaie dite « virtuelle », notamment dans des pays comme la Suède et la Norvège, il est légitime de se demander si les jours de l'argent liquide ne sont pas comptés et quel sera le prix à payer d'une telle évolution pour nos sociétés. Les conséquences seront en effet multiples et source à la fois d'optimisme et d'inquiétude, comme le montrent les documents présents dans le dossier de cette année. En août 2017, dans un poème, Steve MCCARDELL nous permet d'entrevoir un monde tout en ambiguïté dans lequel plusieurs forces s'affrontent dans l'espoir de contrôler toute forme de monnaie virtuelle et, par là même, la population. Le poète libertaire nous met en garde contre un rêve qui pourrait rapidement tourner au cauchemar alors que les grandes entreprises omnipotentes qui dominent le marché du numérique ainsi que les états qui tentent de leur résister en s'emparant de ces nouveaux moyens de paiement virtuels s'efforcent d'assujettir la population. La fin de l'argent liquide soulève en effet des questions majeures en termes de droits fondamentaux, de respect de la vie privée et d'inclusion sociale. Le seul espoir pour le poète réside dans la résistance du peuple qui, pour préserver son indépendance et sa liberté, doit faire entendre sa voix et choisir sa voie. Ce sont justement ces différentes voies possibles qui sont explorées dans l'éditorial de *The Economist* publié deux ans plus tard, en août 2019, ainsi que dans la tribune écrite par le macroéconomiste Jay L. ZAGORSKY dans *The Conversation* en juin 2019. En 2019, alors que Facebook présente son projet de cryptomonnaie, Libra, les auteurs sont partagés entre l'espoir que pourrait représenter la dématérialisation de la monnaie d'un point de vue économique et social et les risques non négligeables encourus si nos sociétés ne se préparent pas assez à cette révolution présentée comme inéluctable. Paresh NATH, dans un dessin de presse publié en 2019, montre également que la prudence est de rigueur face à des projets de cryptomonnaies comme celui de Facebook qui, s'il en enthousiasme certains, pourrait s'avérer être à l'origine de nombreux maux. C'est donc l'incertitude qui prévaut dans l'ensemble des documents du dossier qui mettent en avant la nécessité de bien mesurer les nouveaux défis de ce modèle de société en devenir.

## Analyse globale des résultats

Les candidats ont, dans l'ensemble, bien appréhendé le dossier dont les enjeux principaux ont été saisis et restitués dans une langue globalement correcte. La nature des documents et leurs spécificités ont généralement été assez bien identifiées. Une très grande partie des candidats maîtrise bien les exigences méthodologiques de la synthèse : les candidats s'efforcent de croiser les documents dans un développement aux parties distinctes et facilement identifiables.

En revanche, si les candidats se sont efforcés d'intégrer l'ensemble des documents dans leur développement, le document iconographique, composé de deux parties cette année, a été trop souvent partiellement traité. De la même manière, le poème n'a que très rarement été pleinement exploité. Les candidats ont encore des difficultés à prendre assez de recul pour dépasser un premier niveau de lecture et rendre davantage compte des nuances présentes dans le dossier.

## Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation de la synthèse sont au nombre de cinq. L'évaluation s'appuie sur différents descripteurs qui permettent, pour chaque critère, de passer d'un palier à un autre. Les paliers correspondent au degré de maîtrise des compétences évaluées.

### **Problématisation**

Il s'agit d'évaluer la capacité du candidat à formuler une problématique pertinente qui englobe toutes les sources et oriente la construction de son propos. Une importance particulière est accordée à la cohérence entre la problématique et la réponse apportée dans le développement. Une simple thématique ne saurait constituer une problématique, même si elle est précédée de l'expression "*To what extent*". De même, une annonce de plan déguisée prenant la forme de deux ou trois questions posées les unes à la suite des autres ne peut constituer une problématique à part entière.

### **Restitution des informations**

Il s'agit d'évaluer la capacité du candidat à repérer les informations essentielles de l'ensemble du corpus et à les hiérarchiser de façon pertinente. Ce critère permet aussi d'évaluer la finesse d'analyse des candidats et la restitution des nuances de points de vue. En revanche, le candidat ne doit jamais exprimer sa propre opinion, y compris en conclusion : les ajouts d'éléments extérieurs, commentaires ou prises de positions personnelles sont sanctionnés.

### **Synthèse**

Il s'agit d'évaluer la capacité du candidat à mettre en relation de façon cohérente les informations repérées dans tous les documents pour présenter une synthèse clairement organisée et dynamique en parties distinctes et progressives.

### **Répertoire linguistique**

Il s'agit d'évaluer la capacité du candidat à mobiliser les champs lexicaux adéquats, mais aussi sa capacité à s'exprimer dans une langue claire. Il ne s'agit donc pas de complexifier inutilement le discours mais bien de se rapprocher d'une langue authentique et adaptée à la restitution du message. « Répertoire linguistique » fait référence au degré de précision et de nuance qu'autorise la maîtrise linguistique du candidat.

### **Correction linguistique**

Il s'agit d'évaluer la capacité du candidat à utiliser une langue syntaxiquement et grammaticalement correcte, en privilégiant toujours l'intelligibilité et la fluidité du discours.

## **Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats**

### **La présentation et le soin de la copie**

Les candidats doivent s'efforcer de rendre une copie lisible et propre. Certaines copies sont très difficiles à lire d'une part à cause de la graphie et d'autre part à cause de nombreuses ratures et ajouts après coup, ce qui constitue un obstacle majeur à la correction pour l'ensemble des critères d'évaluation. Les candidats doivent absolument s'entraîner tout au long de l'année à rédiger en temps limité afin de pouvoir respecter le cadre imposé par l'exercice de la synthèse, notamment le respect et le comptage du nombre de mots qui doit être efficace pour ne pas avoir à rayer des paragraphes entiers après coup.

### **Le titre**

Un titre précis et informatif, qui indique clairement le thème du dossier, est requis. Il est inutile de chercher des titres accrocheurs, ou des jeux de mots plus ou moins judicieux. Les candidats ne rédigent

pas un article qui sera publié. Les meilleurs titres prennent la forme d'un syntagme ou d'une phrase simple, contenant les mots clés du dossier et en résumant l'idée générale. Par exemple : *Going cashless: an unwanted but unavoidable transition*. Formuler une question pour le titre peut convenir mais ne peut se substituer à la formulation d'une problématique au sein de l'introduction. De plus, il est mal venu d'utiliser la même question pour le titre et la problématique au sein de l'introduction. Cette année nous avons constaté très peu d'oublis pour le titre.

### Introduction et problématisation

La difficulté d'une introduction réussie réside à la fois dans sa concision et sa précision. Il s'agit pour les candidats à la fois de montrer les liens logiques entretenus par les sources autour d'une thématique et de démontrer leur capacité d'analyse par l'explicitation des enjeux du corpus. Pour ce faire, une contextualisation à l'aide d'éléments extérieurs au dossier n'est pas une plus-value et peut même s'avérer laborieuse et très longue. En d'autres termes, il faut vraiment se limiter aux idées développées dans les documents, même pour l'accroche. Certains candidats choisissent d'ailleurs de commencer leur devoir en citant brièvement l'un des documents pour entrer rapidement dans le vif du sujet. Cette année, certains candidats ont notamment cité la première phrase de l'éditorial de *The Economist — For the past 3,000 years, when people thought of money they thought of cash* — pour commencer leur devoir en montrant d'emblée qu'une transition majeure s'annonçait.

*La problématique* : les candidats doivent accorder une attention particulière à la formulation de la problématique afin que celle-ci soit en cohérence avec l'ensemble des documents du dossier. Quelques candidats ont mal ciblé leur problématique : certains, peu nombreux, se sont uniquement concentrés sur la cryptomonnaie de Facebook, Libra, ce qui était réducteur ; d'autres ont proposé des problématiques trop générales portant sur la numérisation de la société au sens large. La problématique doit permettre de rendre compte des nuances présentes dans chacun des documents. Si les problématiques binaires permettant de peser le pour et le contre d'une société sans argent liquide couvraient l'ensemble du dossier, elles ne permettraient pas toujours de rendre compte de la complexité des enjeux et de confronter les notions clés pour les dépasser.

Exemples de problématiques pertinentes prenant en compte la complexité du dossier :

*To what extent can virtual money improve and reshape our economic and social systems?  
Should we fear a too rapid transition to a cashless society?*

Le jury s'étonne toujours que quelques introductions ne débouchent sur aucune problématique, les candidats se contentant de présenter les documents les uns à la suite des autres avant de passer au développement. Or, il est essentiel de définir un axe directeur pour orienter sa réflexion. Certaines introductions résumant chacun des documents les uns après les autres sont beaucoup trop longues, ce qui constitue un écueil majeur. La problématique doit être présente de préférence sous la forme d'une question directe mais cela n'est pas obligatoire. Les formulations indirectes sont acceptées dans la mesure où elles ne conduisent pas à confondre problématique et thématique.

*La présentation des sources* : comme la synthèse s'adresse à une personne qui ne connaît pas les documents, il convient de bannir les références contextuelles (comme par exemple *document 1, the first document, the last document*) dès l'introduction ainsi que dans l'ensemble du devoir. Cela est source de confusion et ne permet pas de faire ressortir la spécificité des points de vue exprimés. Peu de candidats ont été pénalisés sur ce point cette année car cette consigne est à présent bien intégrée. Il convient également de présenter les documents en prenant bien en compte leur date de publication, ce qui n'a pas été fait de façon assez systématique cette année, leur nature, la ou les aires géographiques concernées ainsi que les points de vue en présence. L'analyse de ces éléments, qui constituent une aide précieuse à la conceptualisation, doit permettre aux candidats de rendre compte des enjeux du dossier avec concision. Le jury regrette que les candidats n'aient que rarement pris en compte le statut de Jay ZAGORSKY, qui est macroéconomiste, et qui s'appuie également sur l'analyse d'un autre économiste de renom, Friedrich HAYEK. Trois des

documents dataient de 2019 alors que le poème avait lui été publié deux ans plus tôt. Prendre ces informations en compte dès le départ était pertinent et nécessaire pour bien comprendre l'évolution d'un phénomène qui, s'il n'était qu'envisagé comme une possibilité dans le poème de 2017, était devenu plus que concret en 2019.

Nous rappelons qu'il convient également de respecter les conventions typographiques en soulignant le nom des journaux et des œuvres dont les noms doivent être soigneusement recopiés. L'orthographe de *The Conversation* a parfois été erronée à cause d'un manque évident de vigilance.

*L'annonce de plan* : le jury n'attend pas qu'un plan soit annoncé en introduction. En effet, la synthèse est un document court dont les différentes parties doivent s'articuler naturellement à l'aide de transitions claires. Ainsi, terminer l'introduction avec un plan la rallonge inutilement et peut être source de redites.

### Le développement de la synthèse

*La structure de la synthèse* : la méthode de la synthèse est de mieux en mieux assimilée et les meilleures copies se distinguent généralement par le fait que le candidat répond précisément et avec cohérence à la problématique énoncée, sait mettre en évidence le fil conducteur et veille à l'équilibre des parties de la synthèse. Techniquement, cela consiste à faire débiter chaque paragraphe par une idée maîtresse synthétique qui annonce un aspect remarquable du dossier (*topic sentence*) et qui est ensuite illustrée par des arguments reformulés provenant des différentes sources. De plus, une attention particulière doit être accordée à la hiérarchisation des idées afin que l'anecdotique ne prenne jamais le pas sur l'essentiel. Au sein de chaque paragraphe, les liens doivent être logiques pour que l'on puisse suivre le raisonnement.

Un exemple de plan souvent proposé par les candidats qui permettait de couvrir les enjeux du dossier :

- I. *The causes for an unstoppable global phenomenon.*
- II. *The opportunities offered by a cashless world.*
- III. *A bleak future that can only be avoided through preparation.*

*Le croisement des documents* : la confrontation des points de vue proposés dans les différents documents est un élément essentiel de la synthèse. Les documents doivent être croisés de façon équilibrée dans chacun des paragraphes et **aucun document ne doit être négligé** pour que la synthèse soit aboutie. Le dessin de presse de Paresh NATH a été beaucoup trop survolé, en particulier la partie gauche dans laquelle la cryptomonnaie de Facebook est présentée comme étant l'avenir, y compris pour un homme sans domicile fixe. Ce fut également le cas du poème de Steve MCCARDELL : le poème a trop souvent été mentionné très rapidement à la fin d'un seul paragraphe, sans restitution précise de l'idée permettant le croisement avec les autres documents et sans prendre en compte les nuances. Les candidats se sont par exemple contentés de dire que les quatre documents mentionnaient le problème du non-respect de la vie privée ou de l'exclusion sociale sans aller plus loin. Ceci produit une synthèse purement formelle et peu aboutie. Enfin, les nombreux candidats qui ont proposé une troisième partie se concentrant sur la façon d'éviter les maux d'une société sans argent liquide, partie aussi présentée comme les solutions possibles aux problèmes à venir, n'ont pas réussi à croiser assez de documents dans cette partie. Ils ont simplement repris tous les points abordés dans la dernière partie de l'éditorial de *The Economist* sans confrontation ni mise en relation avec les autres documents. Pour que la synthèse soit convaincante, les idées doivent être hiérarchisées dans chacun des paragraphes en fonction de l'argument avancé. Confronter plusieurs documents dans une seule et même phrase autour d'une idée centrale relève, par exemple, d'une approche synthétique.

*La référence aux documents* doit se faire avec précision, en distinguant bien l'auteur de la source. Il faut également intégrer habilement la référence aux documents et ne pas se contenter d'une mention de

ces derniers en fin de phrase, entre parenthèses. Cela interrompt la lecture, donne un côté extrêmement artificiel à la synthèse, et ne permet pas de rendre compte des nuances de points de vue.

### Restitution et explicitation des nuances

Les candidats ont dans l'ensemble compris les enjeux du dossier même si certains ne sont pas assez attardés sur le dessin de presse qui était assez complexe et composé de deux parties bien distinctes qu'il fallait à la fois décrire et bien analyser pour que l'on considère que le document soit exploité correctement. Le contraste entre les deux parties du dessin devait être pleinement exploité en lien avec les oppositions et les paradoxes présentés dans les autres documents du dossier. Les candidats ont tous bien perçu l'opposition entre l'enthousiasme de certains face à l'arrivée des moyens de paiement virtuels et le scepticisme d'autres, plus prudents, voire très hostiles et prêts à résister. Ils ont en revanche eu plus de difficultés à dépasser cette opposition, à confronter les idées pour déboucher vers une réflexion plus fine prenant en compte notamment l'aspect politique du dossier, le ton libertaire du poème, ou encore le glissement de la fiction qui permet une mise en garde vers une réalité qui a de quoi inquiéter. Les meilleurs devoirs ont réussi à dépasser une dichotomie bien trop restrictive et ont perçu qu'un même auteur pouvait avoir une opinion et une analyse nuancée et non tranchée, ce qui permettait de bien restituer certains des concepts les plus fins.

### La conclusion

Elle n'est pas requise. En effet, le dernier argument présenté peut avoir une valeur conclusive. Elle est inutile si elle reprend des arguments déjà présentés et pénalisante si elle amène à introduire des arguments extérieurs au dossier ou des commentaires personnels. Nous attirons particulièrement l'attention sur l'utilisation des modaux en conclusion qui est maladroite et peut laisser penser que le candidat prend position.

### Qualité de la langue

Cette année, le niveau de langue était faible dans un nombre non négligeable de copies même si une grande partie des candidats s'exprime dans un anglais intelligible. Certaines copies présentent un niveau de langue élevé, voire remarquable dans certains cas. Cela se manifeste par l'utilisation d'un lexique riche et précis, de structures variées, voire complexes. Toutefois, les candidats doivent veiller à ne pas tomber dans l'excès en multipliant les formules recherchées, ce qui pourrait donner à leur propos un caractère artificiel et nuire à la clarté de l'exposition. En général, le discours est assez fluide, les variations qualitatives les plus importantes sont observées dans la maîtrise grammaticale.

### Correction de la langue

En introduction, les erreurs de temps sont fréquentes : utilisation du présent simple au lieu du *present perfect* pour un bilan notamment et usage abusif de l'aspect « be+ing » dans l'utilisation de la métalangue. Les candidats doivent également veiller à utiliser les prépositions adéquates : *an editorial from The Economist published in August 2019 ; a poem written by Steve MCCARDELL*. De nombreuses copies démontrent toujours un manque de maîtrise de la syntaxe des questions : certaines comportaient soit deux auxiliaires, **soit pas** d'auxiliaire du tout. Ce manque de maîtrise du questionnement, qu'il soit direct ou indirect, est d'autant plus gênant qu'il est porté à l'attention du correcteur dès l'introduction, au moment de la formulation de la problématique.

Nous avons rencontré encore beaucoup de fautes de grammaire de base, comme par exemple les règles d'usage des adjectifs qui sont invariables en anglais et se placent devant le nom, l'emploi des indéterminables (*information, money*), la construction du génitif, la maîtrise des verbes irréguliers, y compris dans les bonnes copies, ou encore l'utilisation des modaux qui sont suivis d'une base verbale.

Enfin, nous recommandons aux candidats d'accorder une attention toute particulière à la ponctuation. L'absence de majuscules, de points, ainsi que l'utilisation abusive des virgules gênent grandement la lecture du devoir qui en devient parfois incompréhensible.

### Répertoire linguistique

Nous avons remarqué que dans certaines copies les candidats tentent d'élever le niveau du vocabulaire, ce qui est à encourager, mais cela ne doit en aucun cas conduire à obscurcir le propos. Ceci a parfois eu pour effet de rendre le propos inintelligible au point qu'il était difficile de reconnaître les arguments reformulés. À l'inverse, les citations abusives sont pénalisées car elles sont une forme d'évitement. On ne saurait trop encourager les candidats à prendre le temps de bien reformuler les idées clés relevées dans leur travail d'analyse des documents, ce qui leur permettra, par la suite, d'affiner leur réflexion et d'appréhender les nuances et subtilités des documents.

Il est également attendu des candidats qu'ils maîtrisent certains termes spécifiques à la synthèse : un dessin (*a drawing*), un dessin de presse (*a cartoon*), un poème (*a poem*). L'utilisation du modal *should* est souvent mal venue dans une synthèse où le candidat doit s'assurer qu'il ne prend pas personnellement position. Enfin, il convient d'être particulièrement vigilant dans le choix des mots de liaison. Si ces derniers sont utilisés de façon inappropriée pour connecter deux idées qui n'ont rien à voir l'une avec l'autre, le candidat fait dire aux documents ce qu'ils ne disent pas en réalité, et le sens du propos est altéré. À l'opposé, la clarté et l'authenticité de la langue ont été valorisées.

### Conclusion

Le thème du dossier de cette année a posé peu de problèmes de compréhension. Toutefois, une lecture trop rapide a parfois conduit les candidats à rédiger une synthèse trop simpliste qui ne rendait pas compte de toutes les subtilités. Nous recommandons donc aux candidats d'utiliser les quatre heures dont ils disposent pour analyser en détail le paratexte (titre, source, date, auteur) car il est porteur d'informations précieuses pour bien comprendre tous les enjeux du dossier. Cette analyse est nécessaire afin d'élaborer une synthèse qui rende compte des rapprochements et oppositions perceptibles entre les différents points de vue exprimés.

Le jury tient à ce stade à remercier les enseignants pour l'excellente préparation prodiguée aux candidats qui, dans leur immense majorité, maîtrisent de mieux en mieux les attendus conceptuels et formels de la synthèse.

# Chinois

## Présentation du sujet

Le dossier proposé aux candidats est constitué de :

- une photo tirée d’Internet «新华网» [www.news.cn](http://www.news.cn), le 17 juin 2021 ;
- un article adapté et paru sur Internet : «中国新闻社» <https://news.sina.com.cn>, le 21 juin 2021, dans le texte «中国航天员在太空生活» Les astronautes chinois vivent dans l’espace cosmique ;
- un article adapté et paru sur Internet : «澎湃新闻·澎湃号» [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward), le 16 janvier 2022, dans le texte «太空行走» Marcher sur l’espace cosmique ;
- trois photos tirées d’Internet : «澎湃新闻·澎湃号», [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward), le 16 janvier 2022.

Les candidats doivent rédiger en chinois et en 500 caractères environ une synthèse des documents en utilisant des caractères simplifiés ou complexes et un écart de 10 % en plus ou en moins est accepté. L’usage de tout système électronique ou informatique est interdit dans cette épreuve.

## Analyse globale des résultats

Toutes filières confondues, 33 candidats se sont présentés à cette épreuve (25 candidats en 2021). Le sujet était bien adapté à leur niveau, puisque nous avons eu le plaisir de corriger d’excellentes copies montrant une bonne maîtrise de la langue. Comme les années précédentes, les candidats de cette année avaient un bon niveau de chinois, étant capable de montrer la richesse de leur vocabulaire et de leur structure grammaticale dans la synthèse.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Comme pour les autres langues, le jury utilise cinq critères précis pour évaluer le travail des candidats. Les meilleurs doivent arriver aux niveaux de compétences décrits ci-dessous :

- problématisation (titre, problématique et sources) : problématique en cohérence avec l’ensemble du document ; sources exploitées en rapport avec la problématique ;
- restitution des informations : informations complètes et hiérarchisées ;
- synthèse : regard critique porté sur le dossier. Argumentation solide et cohérente ;
- richesse linguistique : vaste répertoire, proche d’une langue authentique ;
- correction linguistique : de très rares erreurs peuvent apparaître, mais l’ensemble est proche d’une langue authentique.

Dans cette épreuve, les candidats ont pour la plupart bien respecté les consignes, mais comme les années précédentes, certains ne semblent pas savoir ce que l’on attend d’eux. Certains candidats donnent une thématique, mais non problématisée ou maladroitement exploitée. Ils construisent une structure incohérente ou utilisent mal les sources.

Certains candidats possèdent un vocabulaire assez limité, et ne savent pas bien utiliser les synonymes, ni la ponctuation chinoise, exemples :

- les faux amis, les nuances ou les différences entre l'utilisation des mots : “看道” au lieu de “看到” “做为” au lieu de “作为” “风富” au lieu de “丰富” “科机” au lieu de “科技” “综之” au lieu de “总之” “排照” au lieu de “拍照” “住意” au lieu de “注意” “皮劳” au lieu de “疲劳” “处了” au lieu de “除了” “受先” au lieu de “首先” “以外/意外” “经过/讲过” “盼望/眺望” “付出/复出”, “资料/档案” ;
- la nécessité d'une virgule devant les mots “同时”、“但是”、“所以”、“因为” etc..

Le jury relève également des autres problèmes, exemples :

- l'oubli de laisser deux espaces (deux caractères) au début de chaque paragraphe ;
- les répétitions dans le même paragraphe ;
- les différences entre l'utilisation des mots “的 / 得 / 地” : “了解的不是特别多” au lieu de “了解得不是特别多”, “变的很危险” au lieu de “变得很危险”, “吃地好” au lieu de “吃得好” “赶快的吃” au lieu de “赶快地吃” ;
- la différence d'utilisation entre “一张文章” au lieu de “一篇文章” ;
- l'ordre des mots dans une phrase “他们也只有八分钟的通话时间跟他们的家庭” au lieu de “他们跟他们的家人也只有八分钟的通话时间”.

Ainsi, les candidats doivent faire attention à maîtriser ces cinq compétences. Par exemple, éviter les répétitions, utiliser un bon vocabulaire approprié et éviter les faux amis. Ils doivent aussi veiller particulièrement aux spécificités et aux différences d'expression chinoise. Sans l'usage de tout système électronique ou informatique, il leur faut soigner de près les tournures syntaxiques chinoises.

## Conclusion

Il s'avère, lors de cette épreuve, qu'un manque de niveau réel en chinois peut avoir des conséquences désastreuses, mais, qu'avec un entraînement régulier en laboratoire, un respect des consignes, une bonne maîtrise sur les cinq compétences ci-dessus, une synthèse correcte, les candidats devraient avoir en main les ingrédients pour accéder, grâce à leur travail, à de bons résultats.



# Italien

## Présentation du sujet

Le dossier était composé de quatre documents :

- une image tirée de *Patria Indipendente*, périodique de l'ANPI ;
- un extrait du texte de l'intervention de Giorgio AGAMBEN au Sénat, prononcée le 7 octobre 2021 et publiée dans *Quodlibet* ;
- un article publié dans le journal *Il fatto quotidiano*, du 15 octobre 2021 ;
- un article publié dans le journal *Secolo d'Italia*, du 9 janvier 2022.

Le dossier donnait une aperçue des différentes positions qui se sont affrontées en Italie entre fin 2021 et début 2022 à propos de la légitimité de l'obligation vaccinale et de l'instauration du *green pass*. Les candidats étaient invités à réfléchir sur les spécificités de ce débat en relation avec l'histoire politique et culturelle italienne. En effet, les documents soulignent comment la controverse à propos de la gestion de la crise sanitaire liée à l'épidémie de COVID-19 ait été, à tort ou à raison, influencée en Italie par la mémoire l'expérience du passé, du fascisme et de la Résistance. L'opposition entre les intellectuels qui ont pris part au débat se jouait donc non seulement autour de l'appréciation des mesures du gouvernement, mais plus généralement sur ce qu'il faut entendre par démocratie et sur les limites de la liberté dans les sociétés contemporaines.

Le jury a évalué la précision dans la compréhension et la contextualisation des documents, le niveau d'expression écrite et la capacité à rédiger une synthèse qui doit couvrir l'ensemble du dossier, mettre en relation les documents (y compris l'image) et en dégager une problématique pertinente.

## Analyse globale des résultats

Dans la majorité des cas, les candidats ont bien saisi les éléments essentiels du dossier et ont fait preuve d'un bon niveau de maîtrise de la méthodologie de la synthèse et de la langue. Cependant, le jury constate que dans certains cas la problématique, bien que clairement énoncée, restait formelle, ne couvrant pas tous les documents ou n'étant pas clairement en lien avec les questions de fonds soulevées par le dossier.

Parfois, les informations étaient mal hiérarchisées et certains éléments cruciaux du dossier n'ont pas été exploités. Le jury a dû constater que certaines nuances, pourtant essentielles, n'ont pas toujours été perçues, ce qui a entraîné non seulement des imprécisions, mais aussi un développement inégal des idées.

La maîtrise de la langue et l'étendue du lexique sont parfois proches d'un italien authentique. Les très bonnes copies ont fait preuve à la fois d'un excellent niveau d'expression écrite, d'une compréhension fine du sujet et d'une remarquable capacité de problématisation, ce qui a permis de développer un discours fluide, clair et bien structuré, couvrant tout le dossier et mettant en valeur les liens et les contradictions entre les différents points de vue exprimés dans les articles.

De rares copies ont été pénalisées non seulement à cause d'un problème de maîtrise de la langue, mais aussi par un manque de clarté dans la restitution des idées et une mauvaise hiérarchisation des informations et de structuration des arguments.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

La maîtrise de la méthodologie est un prérequis indispensable pour la rédaction d'une bonne synthèse. Cependant, il faut rappeler que le respect des règles formelles n'est pas une fin en soi, mais doit être mis au service d'une exposition plus claire du sujet et d'une meilleure organisation de l'argumentation, ce qui en aucun cas ne peut remplacer une réflexion suivie sur le contenu du dossier.

Cette année le jury constate une amélioration dans la formulation la problématique, qui ne doit pas se résoudre dans la simple énonciation du sujet ou de la thématique abordée. Le jury insiste sur le fait que la problématique doit non seulement être clairement formulée — d'ailleurs non nécessairement sous la forme d'une question directe — et couvrir tous les documents, mais a pour but aussi de faire ressortir les enjeux fondamentaux du dossier, en montrant les liens entre les éléments ; surtout, une fois énoncée, la problématique doit innover tout le développement et l'enchaînement des arguments.

Il faut rappeler également que le titre — obligatoire — ne peut pas se limiter à un mot (par exemple : « Il Green-pass »), mais doit informer sur le contenu de la synthèse et être cohérent avec la problématique.

Certains candidats, tout en ayant formulé une problématique cohérente avec l'ensemble du dossier, se sont par la suite concentré sur un seul axe, un seul sujet ou un seul document qu'ils ont sélectionné comme étant central. S'il est vrai que les idées et les informations doivent être hiérarchisées, ce serait une erreur de penser que tout le dossier tourne autour d'un seul document. Le candidat ne devrait jamais perdre de vue le lien entre *tous* les documents, dont chacun a son importance en résonance avec tous les autres.

La conclusion doit être cohérente avec l'exposé précédent. Trop souvent encore, les candidats expriment des avis personnels qui ne s'appuient pas sur les éléments du dossier ou ne sont pas entièrement et clairement justifiés par ce qui ressort de leur synthèse. Ce ne sont pas des convictions subjectives qui doivent être défendues en conclusion, mais les grandes lignes de ce qui a été présenté tout au long de la synthèse, ou les conséquences logiques et nécessaires du développement de la problématique.

La maîtrise de la langue rend certes cette tâche plus facile à accomplir et la correction syntaxique, le respect des règles de grammaire, ainsi que l'étendue du lexique et la précision dans le choix des mots, restent des éléments essentiels de l'évaluation. Néanmoins, le jury a valorisé les copies dans lesquelles, malgré quelques imprécisions linguistiques, on pouvait suivre le développement d'un discours cohérent et bien appuyé sur tous les documents.

Dans la majorité des copies, la correction grammaticale était satisfaisante. Néanmoins, nous invitons les candidats à faire attention à l'orthographe ainsi qu'à la syntaxe. On remarque que même les très bonnes copies ne sont pas à l'abri d'erreurs telles qu'un usage incorrect des modes verbaux (le « che » ne doit pas systématiquement être suivi d'un subjonctif) ou de gallicismes (on ne met pas la préposition « di » dans des expressions telles que « è difficile sostenere », « è strano osservare », etc.). D'autres candidats peuvent commettre des erreurs d'orthographe qu'on n'attendrait pas compte tenu de la maîtrise de la syntaxe et de l'étendue du lexique dont ils font preuve par ailleurs : nous invitons tous les candidats à toujours veiller à bien placer les apostrophes (un/un') et à ne pas oublier les articles contractés (di+la = della).

Pour se préparer à cette épreuve, le jury rappelle l'importance non seulement de l'étude de la grammaire, mais aussi de la lecture régulière de la presse et de livres, sur des sujets de culture générale et d'actualité. Les élèves pourront aussi tirer profit de la rédaction de fiches de lectures, pour s'entraîner à repérer les éléments principaux d'un texte et à hiérarchiser les informations. Enfin, la comparaison entre différents textes portant sur un même sujet peut s'avérer un exercice très utile pour apprendre à identifier avec plus de précision les points de vue et à mettre en résonance les documents entre eux, ce qui constitue la clé pour entrer dans la logique de la synthèse d'un dossier.

## **Conclusion**

Le jury félicite les candidats et les enseignants du niveau général qui est tout à fait satisfaisant, non seulement en ce qui concerne les compétences linguistiques, mais aussi en matière de culture italienne et connaissance des sujets principaux de l'actualité.

# Russe

## Présentation du sujet

Les documents proposent des articles de journaux russes ou de journaux en ligne sur les problèmes des inégalités hommes femmes en Russie et les nouvelles lois russes qui visent à y remédier. Six documents sont proposés :

- un extrait d'article paru le premier janvier 2021 sur *Rossijskaya Gazeta* qui présente et commente la nouvelle liste des professions interdites aux femmes ;
- un extrait d'article paru le 3 mars 2020 sur *Ria Novosti* qui constate que le salaire moyen des femmes en Russie représente 72 % de celui des hommes ;
- un extrait d'article du 28 avril 2021 de l'Agence TASS sur le projet de nouvelle loi sur les violences domestiques ;
- un extrait d'article avec photo paru le 6 novembre 2020 sur *WomenPlatform* qui commente le rapport des hommes au féminisme sous un angle historique ;
- un extrait d'article avec photos paru le 8 mars 2019 sur *Znak.ru* sur les manifestations et revendications féministes en Russie ;
- un document iconographique statistique paru le 5 avril 2021 sur la démographie et la répartition de la population homme / femme en Russie.

## Analyse globale des résultats

Reconnaissons le bon niveau d'ensemble des candidats, même si parfois, certaines copies ont montré une grande négligence dans la correction grammaticale ou l'orthographe.

Ce sujet ne présente pas de grandes difficultés de compréhension et la thématique a certainement été plus ou moins étudiée par les candidats, car il s'agit d'un sujet de société actuelle au programme, sinon en classe préparatoire, du moins dans les classes de lycée. Cette connaissance à priori du thème a fait oublier à certains candidats la technique de la synthèse. Il ne s'agissait pas de faire un exposé général sur le féminisme en citant des exemples ou en avançant des idées personnelles ou encore en comparant des données absentes des documents proposés. Il s'agissait de voir ici, quelles étaient les dernières lois prévues et mesures prises et comment elles peuvent contribuer à diminuer les inégalités hommes femmes en Russie.

Tous les plans ont été admis dès l'instant qu'une problématique était posée. Il fallait donc parler des problèmes liés au travail (l'égalité salariale, l'accès à certaines professions), ceux liés aux violences domestiques (préciser que la Russie avait, il y a quelques années, dépénalisé les violences conjugales et que le projet de nouvelle loi réintroduisait une responsabilité pénale), et enfin le regard des hommes russes sur le féminisme. Il y avait donc, dans les différents documents, les faits (statistiques), les moyens (manifestations...) et les résultats obtenus (lois...), certains problèmes n'étant pas résolus (comme l'inégalité salariale).

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

La problématique n'a pas toujours été bien conduite : certains candidats ont eu parfois tendance à résumer plus ou moins en détail les articles donnés, voire à ajouter des arguments personnels, qui, même s'ils sont

de « bon sens », n'ont rien à faire dans ce type d'exercice. Rappelons une fois encore que la grille de notation pénalise lourdement une telle démarche : il n'y a pas de place dans une synthèse pour une opinion sur le sujet donné. La synthèse doit faire ressortir les problèmes soulevés dans les articles, en mettant en avant les points essentiels.

Rappelons que l'épreuve est technique et contraignante (avec un nombre de mots limités, qu'il faut utiliser au mieux), et qu'il convient de s'y préparer sérieusement. Étant donné que le sujet de cette année se prêtait facilement à un exposé préalablement préparé, c'était sans doute là sa principale difficulté. La base de la synthèse est la lecture, la compréhension des documents et leur problématisation, et non un exposé thématique général sur un sujet de société.

Même si la majorité des candidats était plus ou moins russophone, il ne doit être oublié que la qualité de la langue et de l'expression est également prise en compte. Une langue riche et variée est plus appréciée que des recopies systématiques de termes présents dans les articles. Le respect d'une grammaire et d'une ponctuation correctes ainsi que d'une orthographe et écriture soignée est le minimum que l'on puisse exiger à ce niveau d'études. Cela vaut autant pour les russophones (faut-il rappeler que le russe ne s'écrit pas comme on le prononce et qu'il convient de décliner et conjuguer correctement) que pour les francophones, qui doivent faire la preuve d'une maîtrise des tournures grammaticales et syntaxiques de base.

## Conclusion

Aussi, le jury conseille aux candidats de lire régulièrement la presse, afin d'avoir un minimum de connaissances sur la société russe contemporaine et ses problèmes socio-économiques actuels, relatifs aux spécificités russes (problème de gestion de son espace, problème des migrants, problèmes écologiques et économiques, problèmes culturels, mentalité russe, etc.). Ces lectures doivent permettre d'acquérir un minimum de vocabulaire essentiel, sans lequel il n'est pas concevable de s'exprimer. Des ouvrages complémentaires comme des vocabulaires thématiques pourront également s'avérer très utiles.

**Concours Centrale-Supélec 2022**

**Épreuves d'admission**

**Filière PSI**

# Table des matières

Table des matières	1
Résultats par épreuve	2
Mathématiques	19
Physique-chimie	26
Travaux pratiques de physique-chimie	33
Sciences industrielles de l'ingénieur	44
Entretien scientifique (Arts et Métiers)	56
Allemand	69
Anglais	72
Chinois	75
Espagnol	78

## Résultats par épreuve

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque épreuve, les paramètres statistiques calculés sur les notes sur 20 des candidats présents. Les colonnes ont la signification suivante :

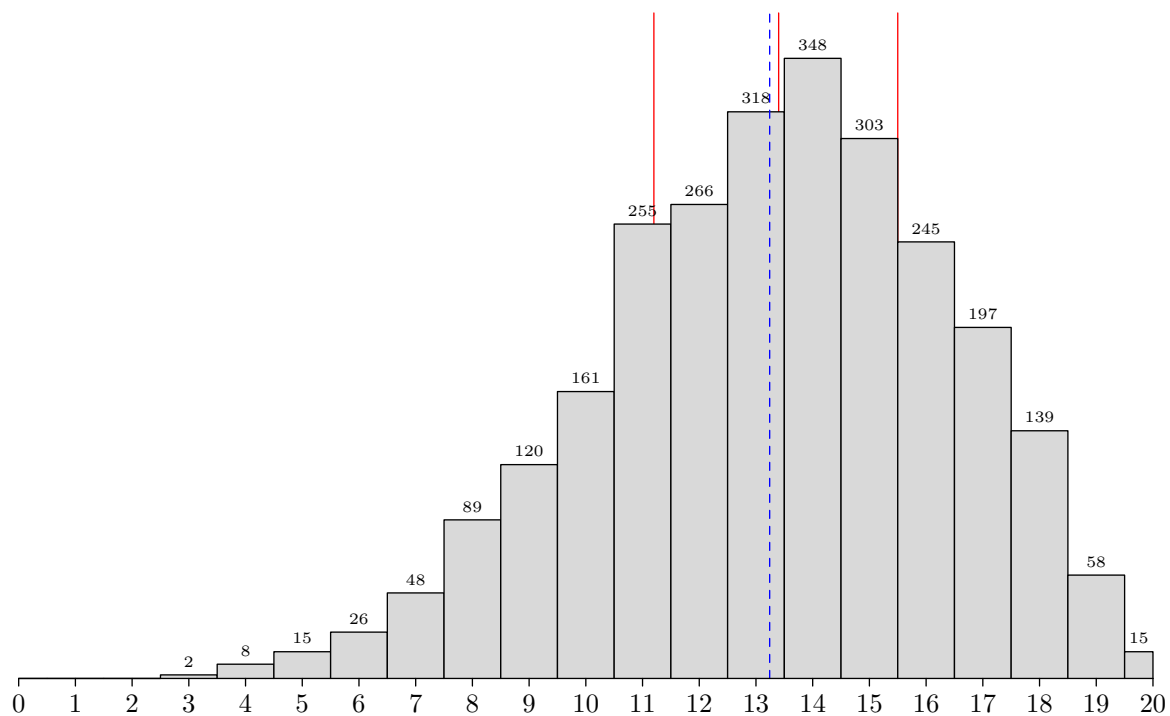
**M**                    **ET**                    **Q1**                    **Q2**                    **Q3**                    **EI**  
 moyenne    écart-type    premier quartile    médiane    troisième quartile    écart interquartile

Épreuve	Admissibles	Absents	Présents	M	ET	Q1	Q2	Q3	EI
TIPE	2690	2,9%	2613	13,24	3,06	11,20	13,40	15,50	4,30
Mathématiques 1	1639	5,2%	1554	11,79	3,66	9,00	12,00	14,00	5,00
Mathématiques 2	1961	5,9%	1845	11,43	3,51	9,00	12,00	14,00	5,00
Physique-chimie 1	1639	5,3%	1552	11,71	3,69	9,00	12,00	14,00	5,00
Physique-chimie 2	1639	5,1%	1556	11,58	3,89	8,00	12,00	14,00	6,00
S2I	1961	6,3%	1838	12,00	3,47	9,00	12,00	14,00	5,00
TP physique-chimie	1639	5,2%	1553	11,26	3,33	9,00	11,00	13,00	4,00
Langue obligatoire	2694	17,9%	2212	13,09	3,85	10,75	13,00	16,00	5,25
Allemand	61	6,6%	57	15,35	2,93	13,00	16,00	18,00	5,00
Anglais	2542	17,7%	2092	12,92	3,80	10,00	13,00	15,00	5,00
Arabe	17	11,8%	15	19,20	1,38	19,00	20,00	20,00	1,00
Chinois	8	12,5%	7	18,14	1,25	17,00	18,00	19,00	2,00
Espagnol	32	9,4%	29	15,34	3,85	13,00	15,00	19,00	6,00
Italien	5	0,0%	5	18,00	1,26	18,00	18,00	18,00	0,00
Langue facultative	393	2,5%	383	12,99	3,85	11,00	13,00	15,00	4,00
Allemand	98	3,1%	95	12,22	3,30	11,00	12,00	14,00	3,00
Anglais	85	2,4%	83	14,00	3,80	12,00	14,00	17,00	5,00
Arabe	9	0,0%	9	18,00	4,08	19,00	20,00	20,00	1,00
Chinois	10	0,0%	10	16,50	2,25	15,00	16,50	17,75	2,75
Espagnol	163	1,8%	160	11,61	3,23	9,00	12,00	14,00	5,00
Grec	1	0,0%	1	20,00	0,00	20,00	20,00	20,00	0,00
Italien	17	5,9%	16	17,69	2,31	16,75	18,00	19,25	2,50
Japonais	2	0,0%	2	18,50	1,50	17,75	18,50	19,25	1,50
Polonais	1	0,0%	1	20,00	0,00	20,00	20,00	20,00	0,00
Portugais	3	0,0%	3	18,33	1,25	17,50	18,00	19,00	1,50
Russe	2	0,0%	2	20,00	0,00	20,00	20,00	20,00	0,00
Turc	2	50,0%	1	13,00	0,00	13,00	13,00	13,00	0,00
Entretien scientifique	1049	20,8%	831	11,50	3,66	8,75	12,00	14,00	5,25

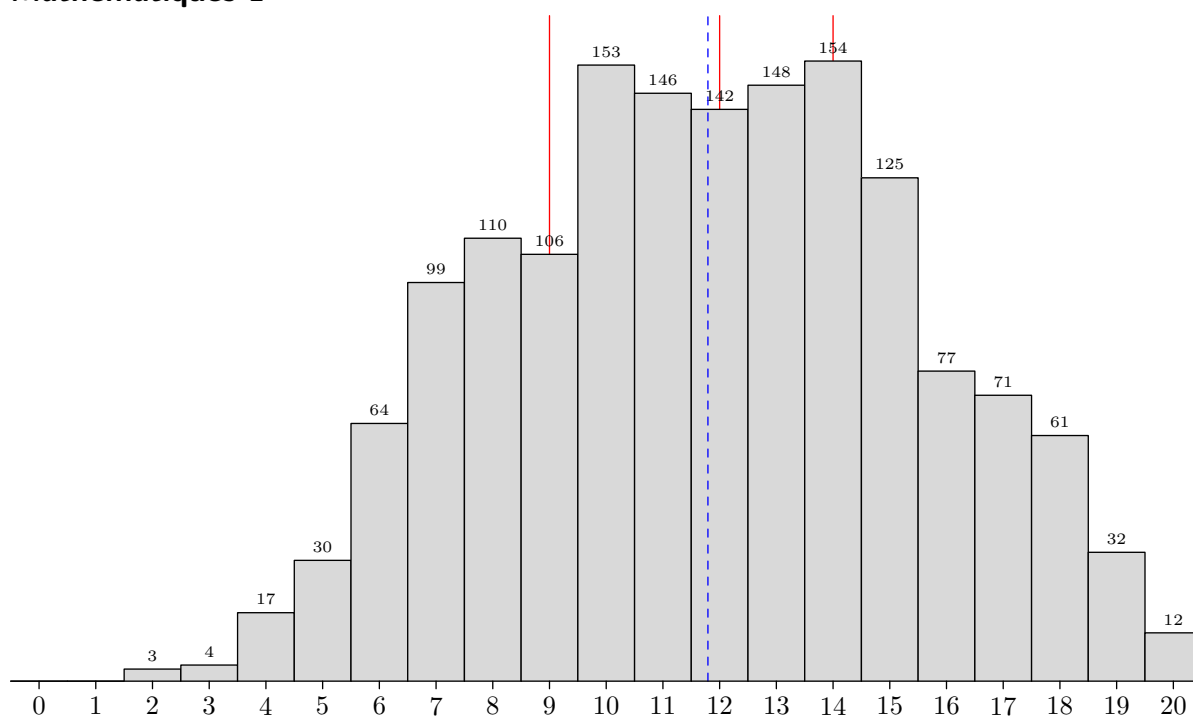


Les histogrammes suivants donnent la répartition des notes des candidats présents. Les traits continus (rouge) matérialisent les quartiles et le trait pointillé (bleu), la moyenne. Dans les graphes de corrélation, la surface du disque est proportionnelle au nombre de candidats ayant reçu le couple de notes correspondant.

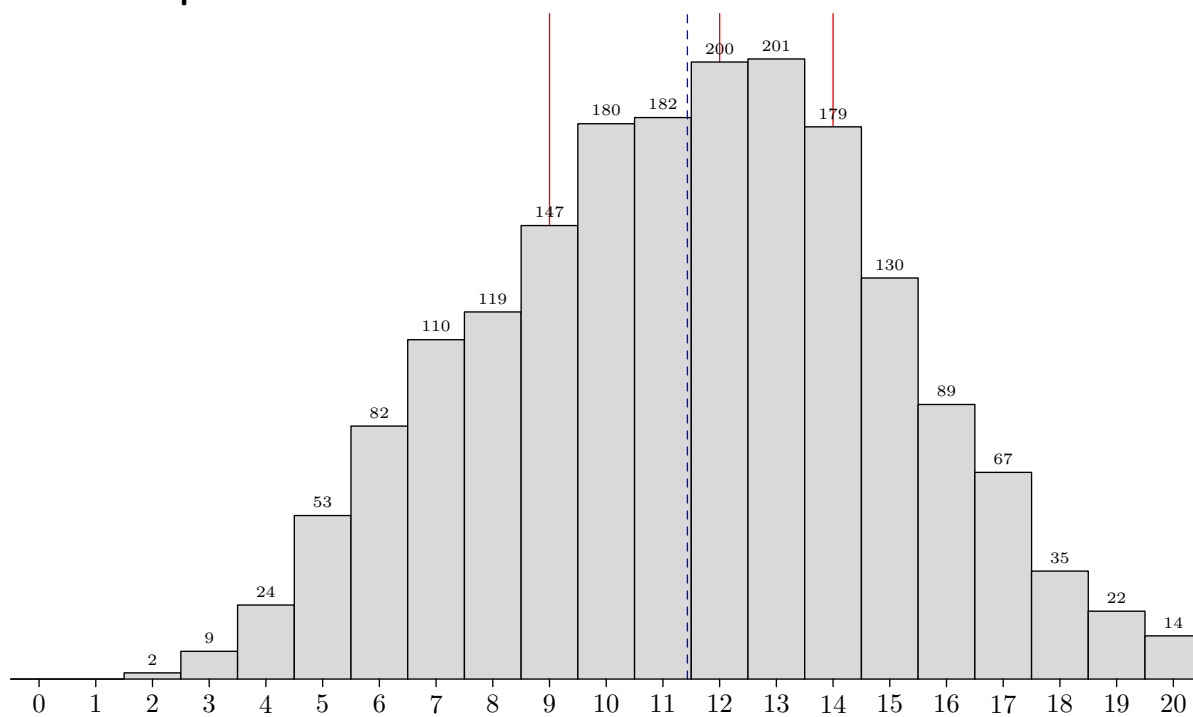
## TIPE



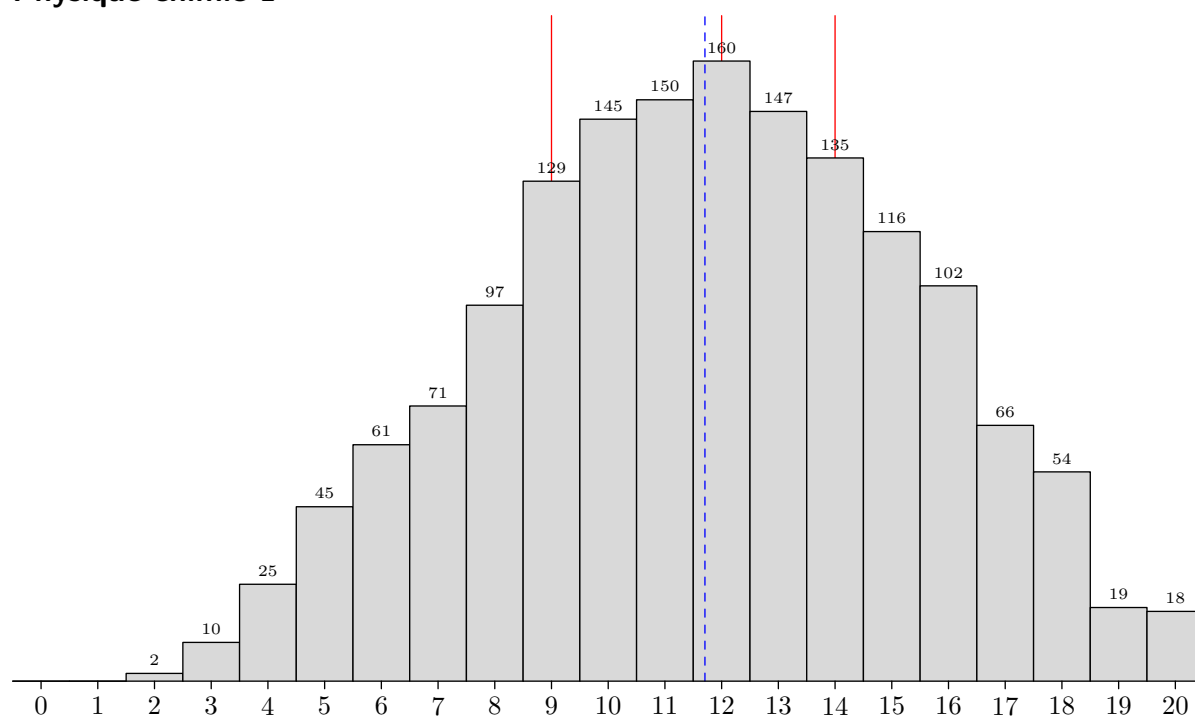
### Mathématiques 1



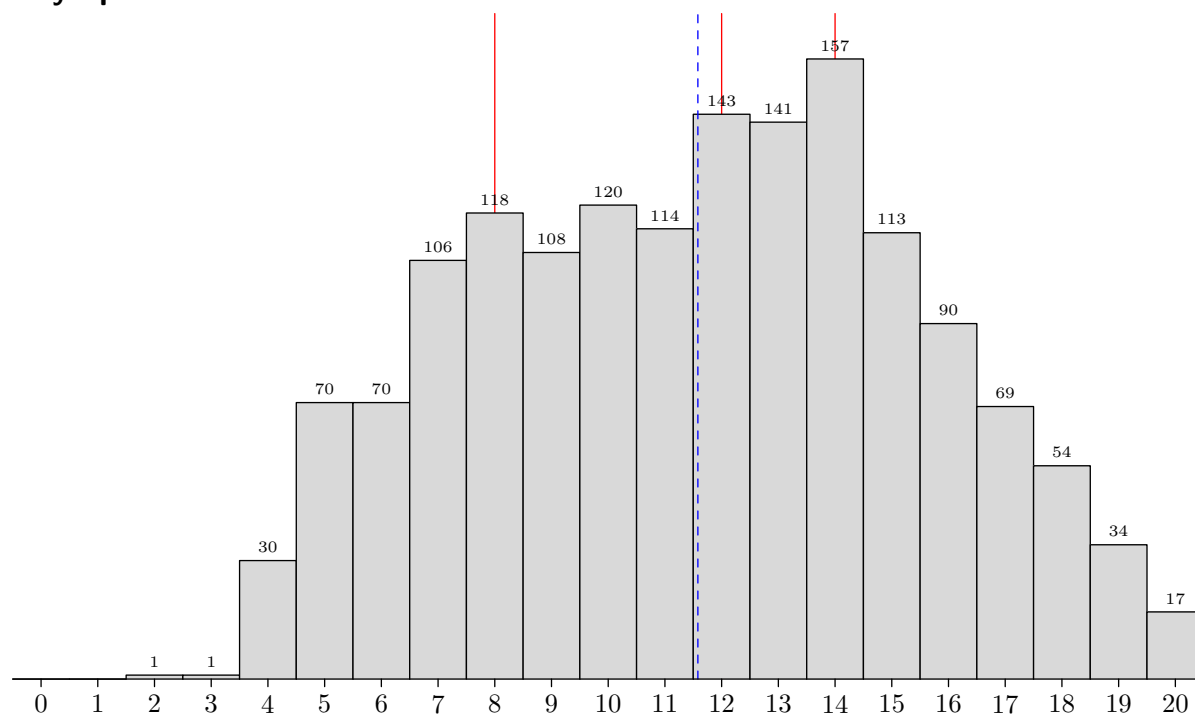
### Mathématiques 2



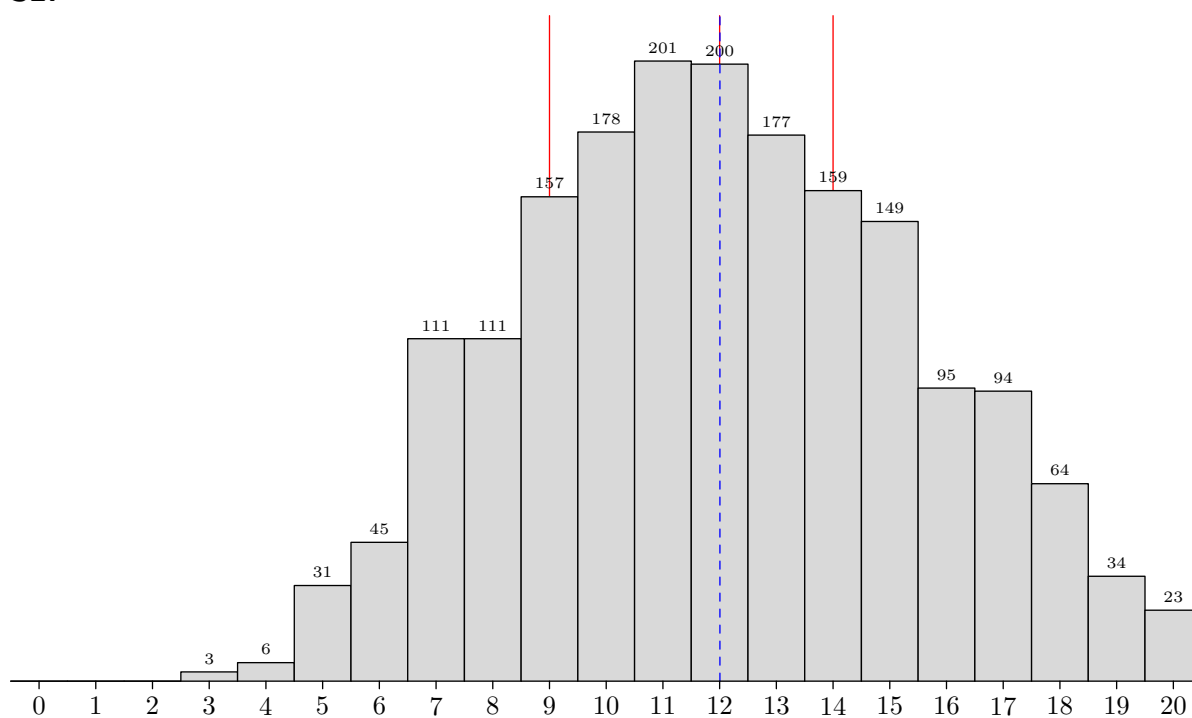
### Physique-chimie 1



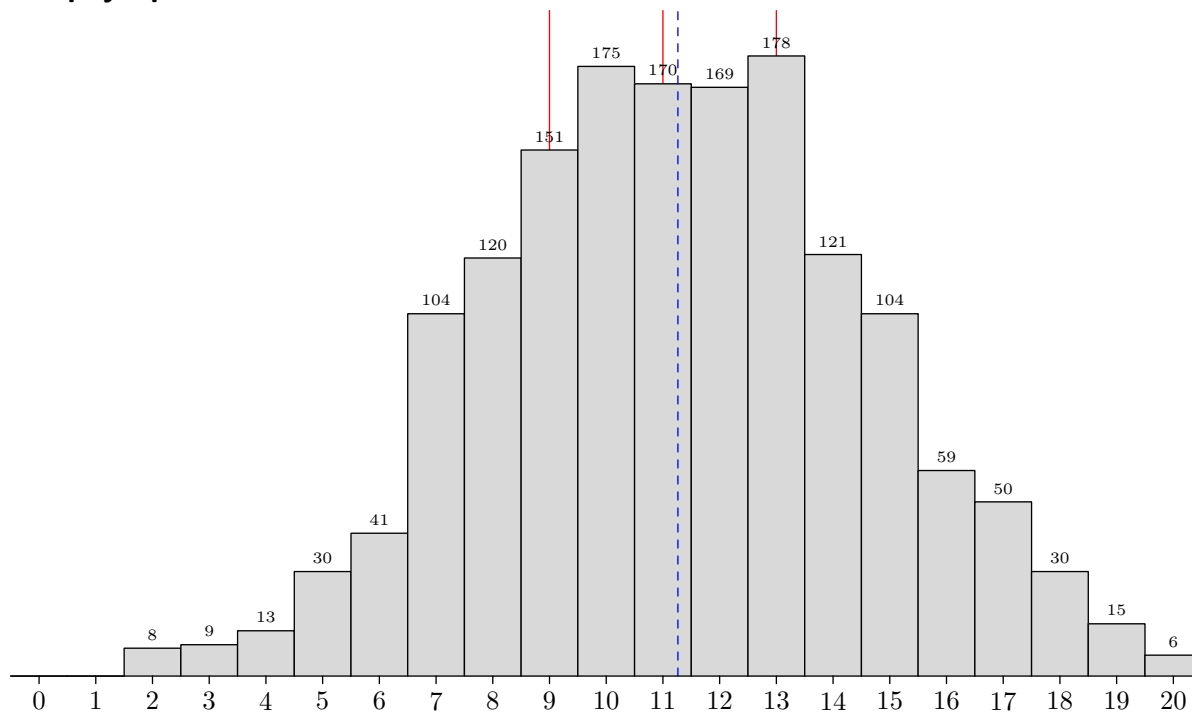
### Physique-chimie 2



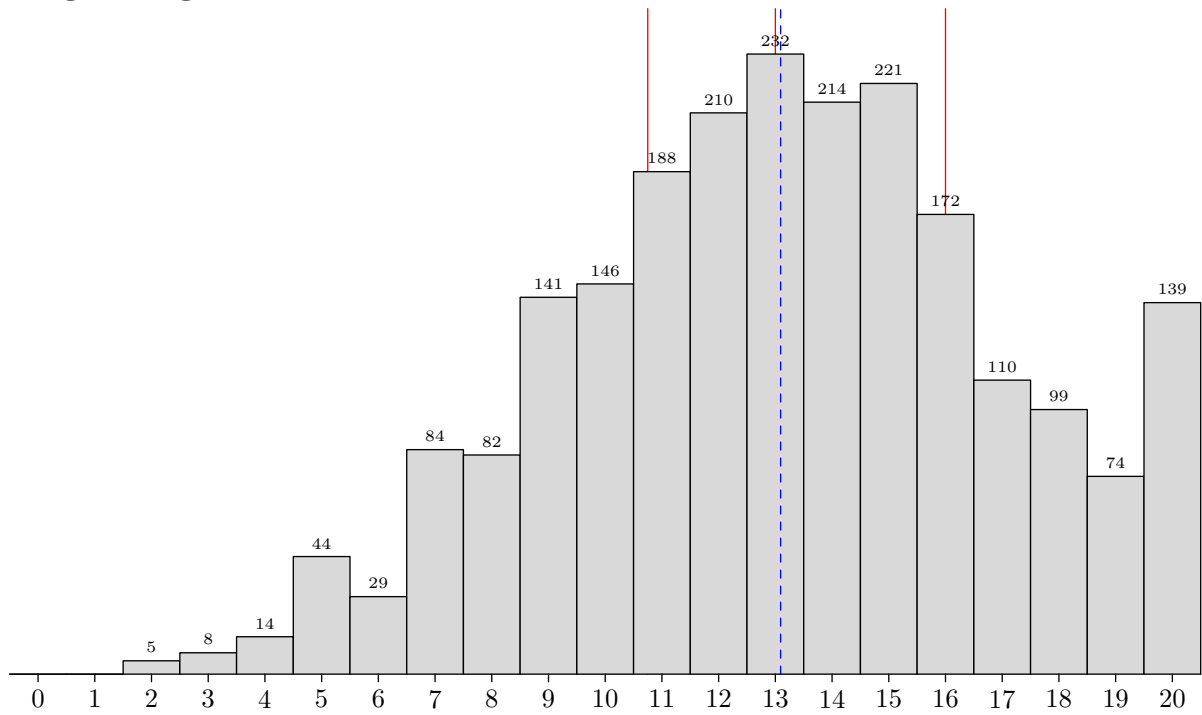
**S2I**



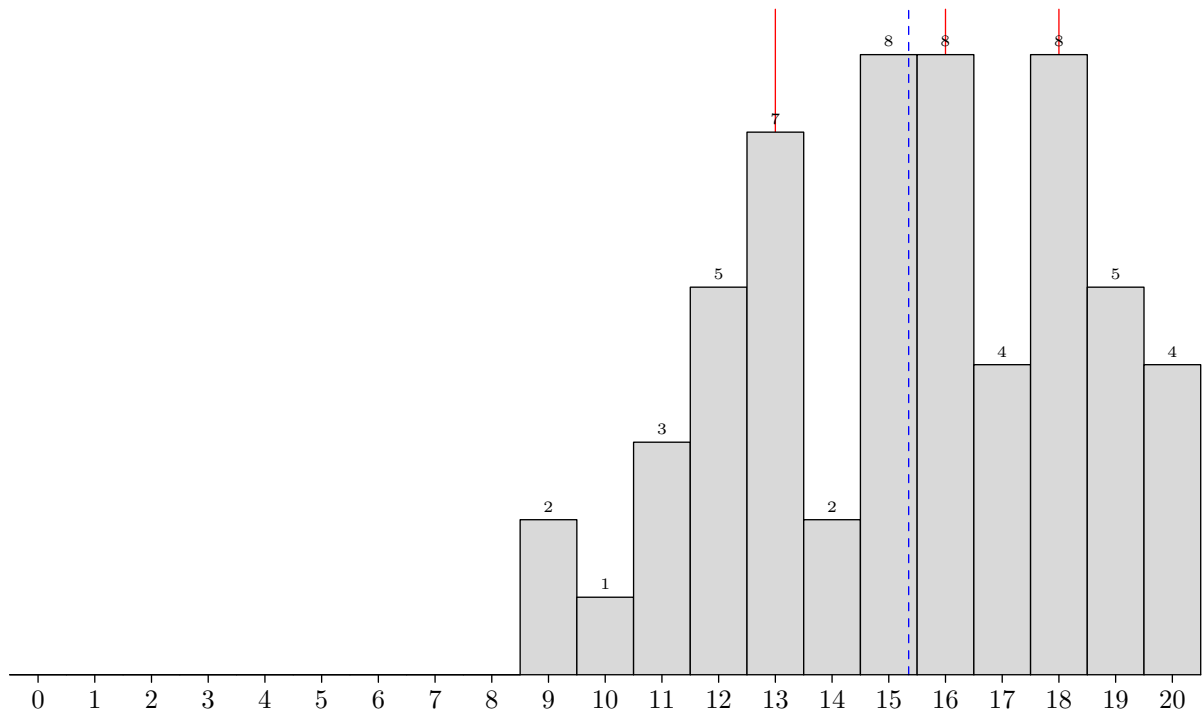
**TP physique-chimie**



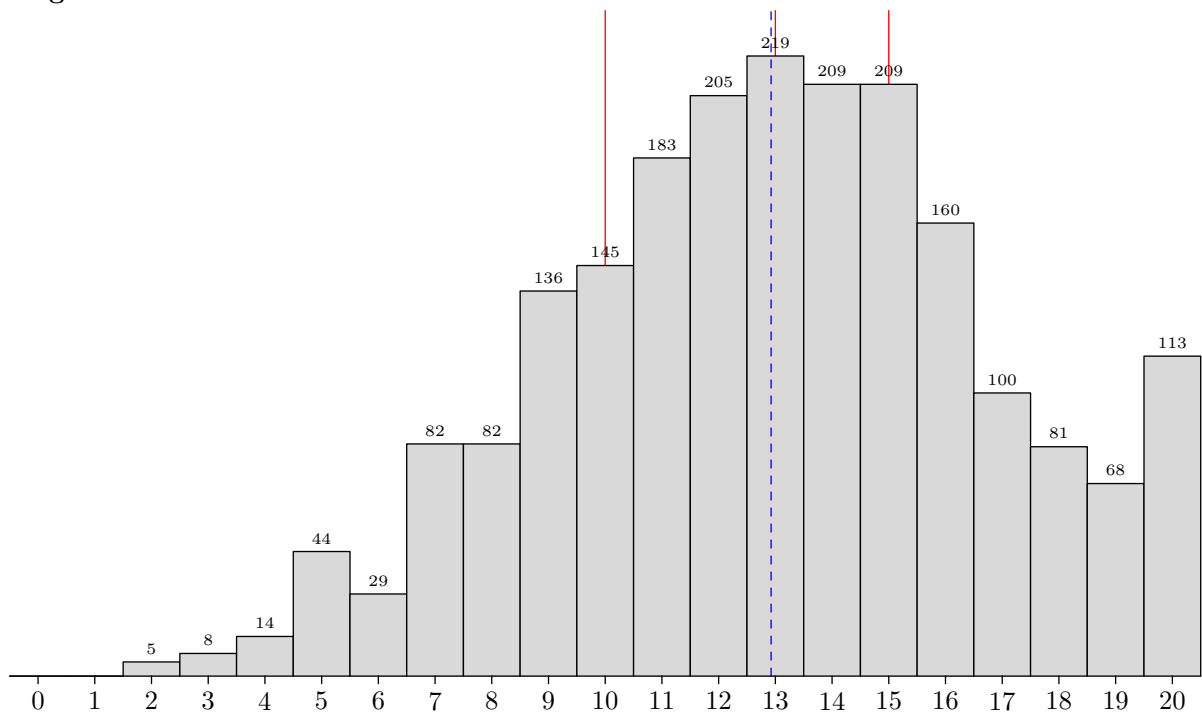
### Langue obligatoire



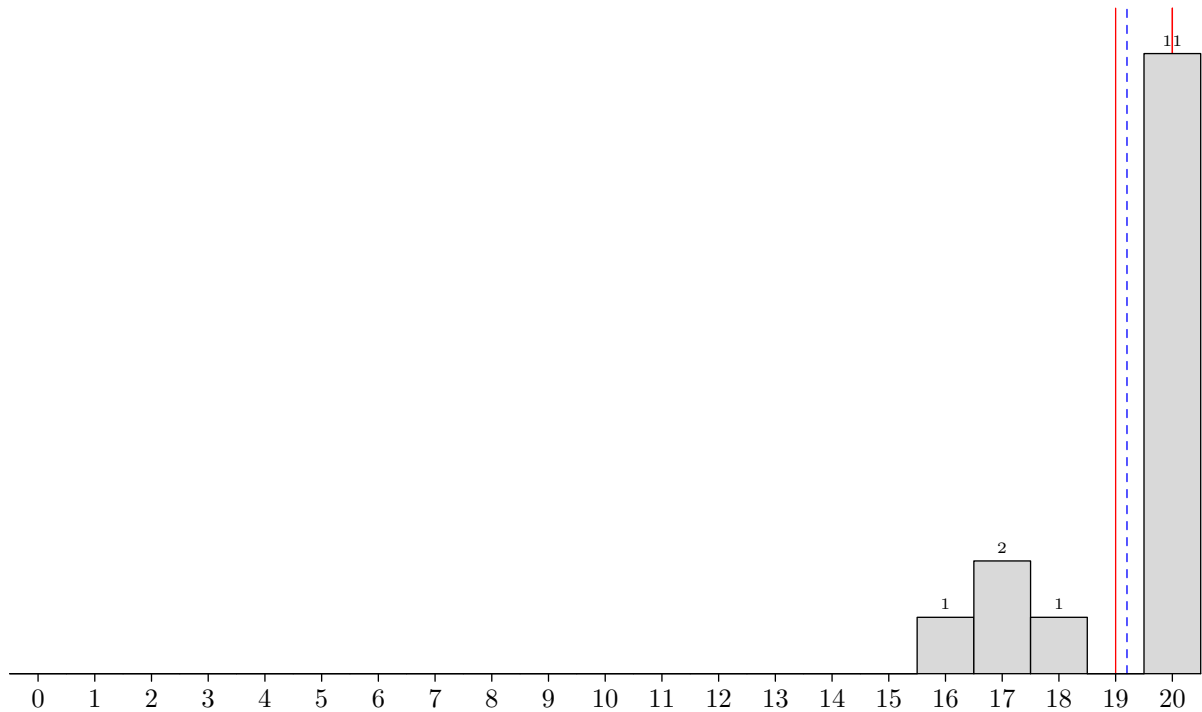
### Allemand



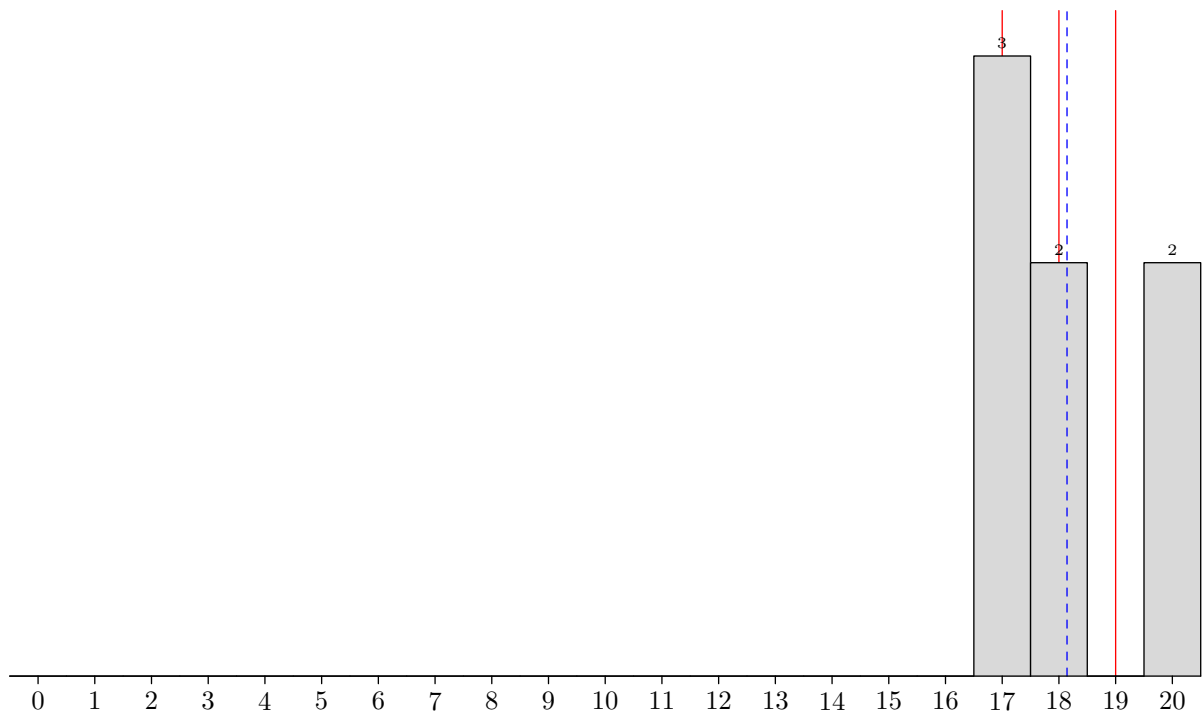
Anglais



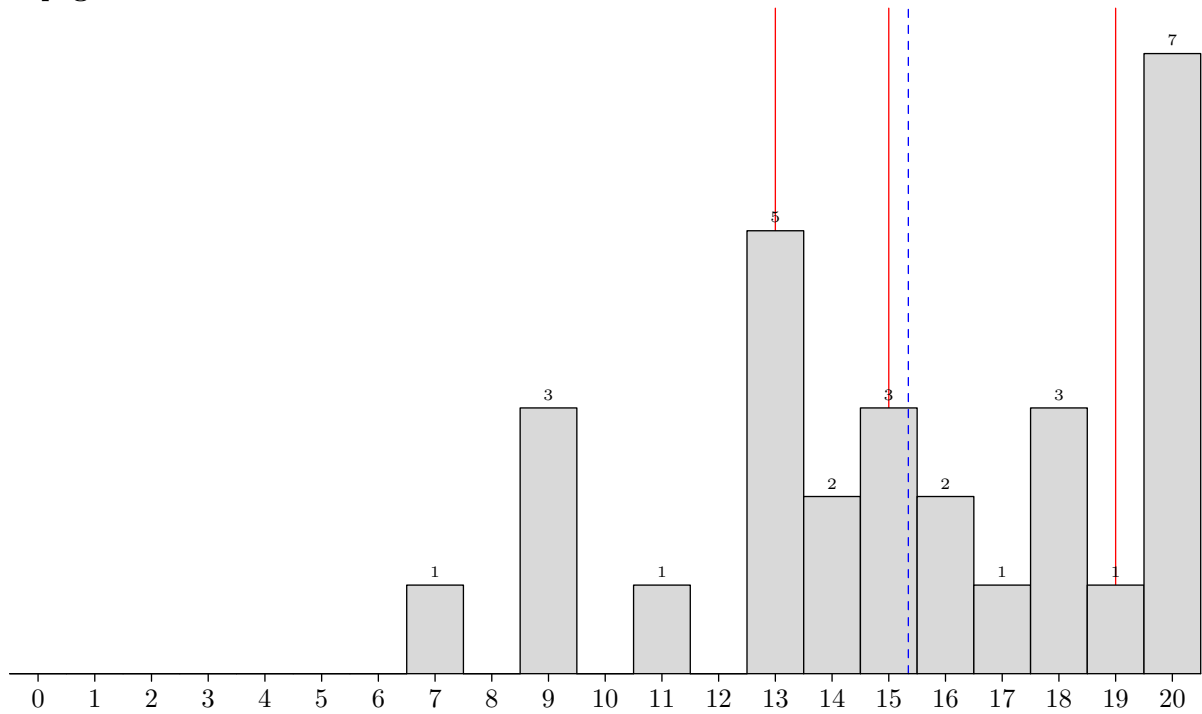
Arabe



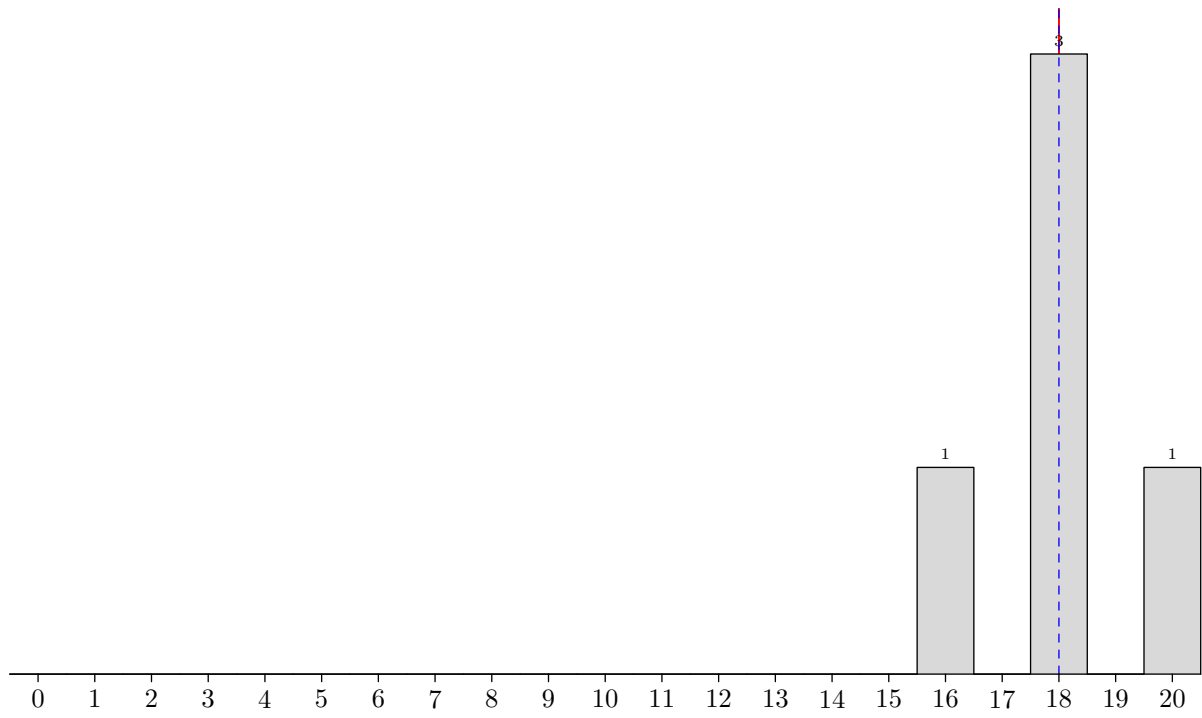
Chinois



Espagnol

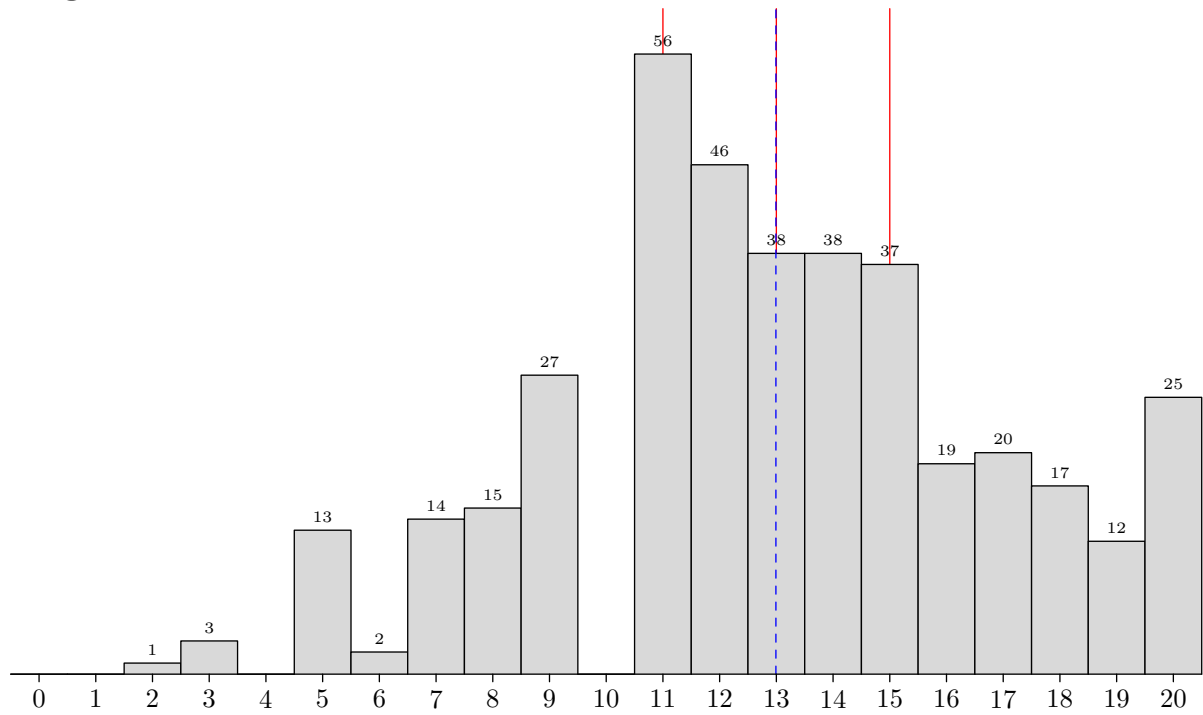


**Italien**

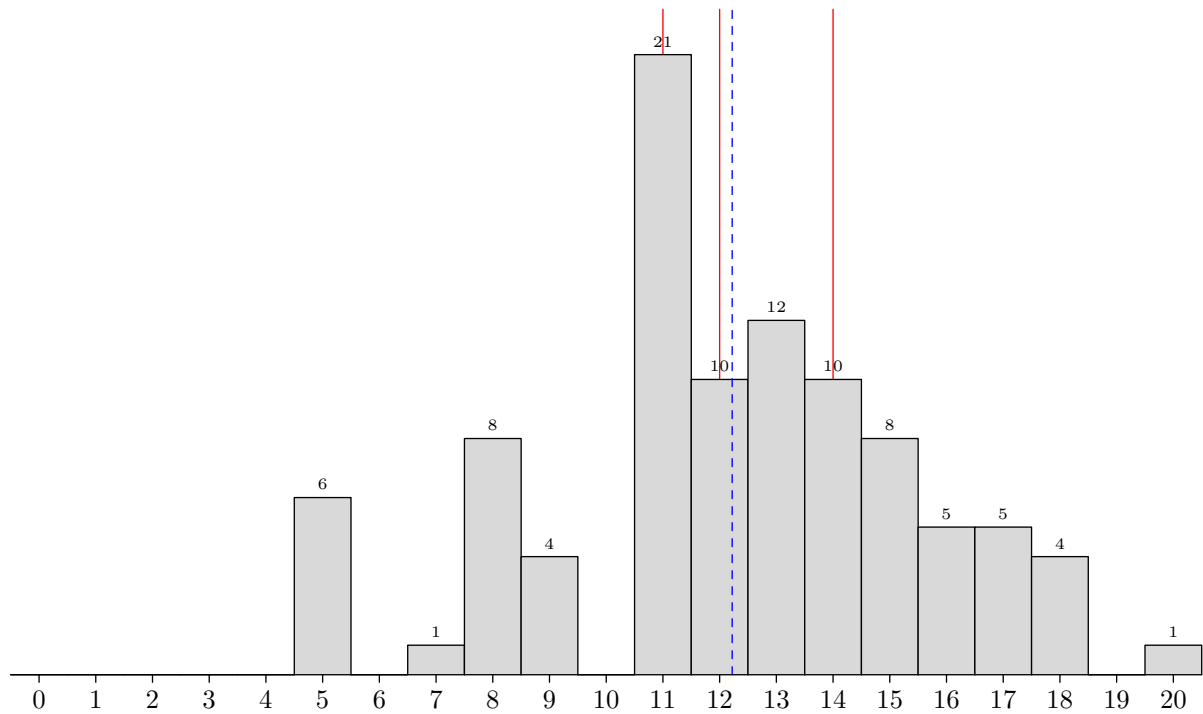




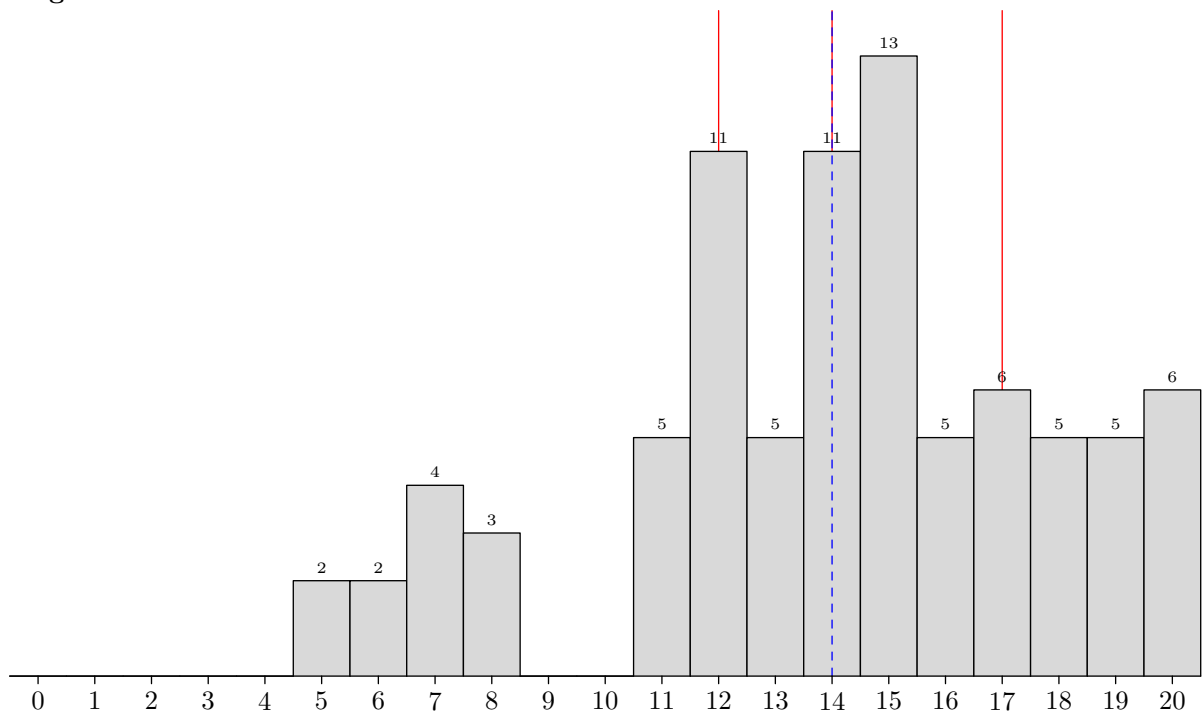
**Langue facultative**



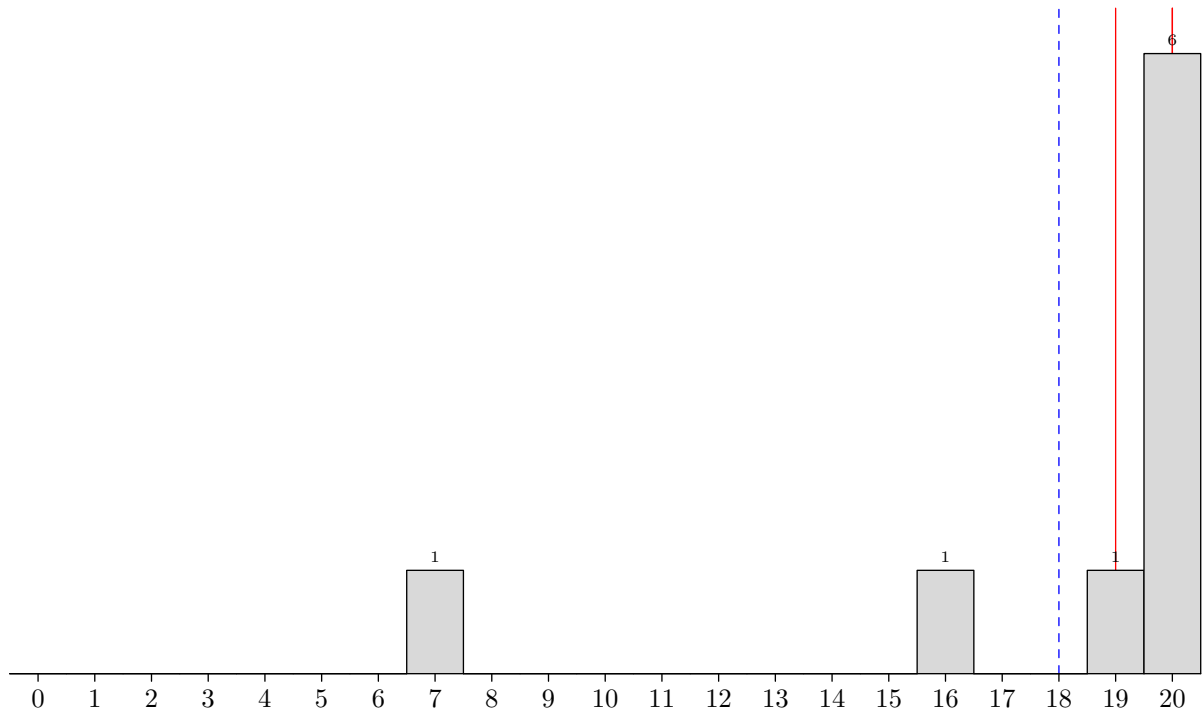
**Allemand**



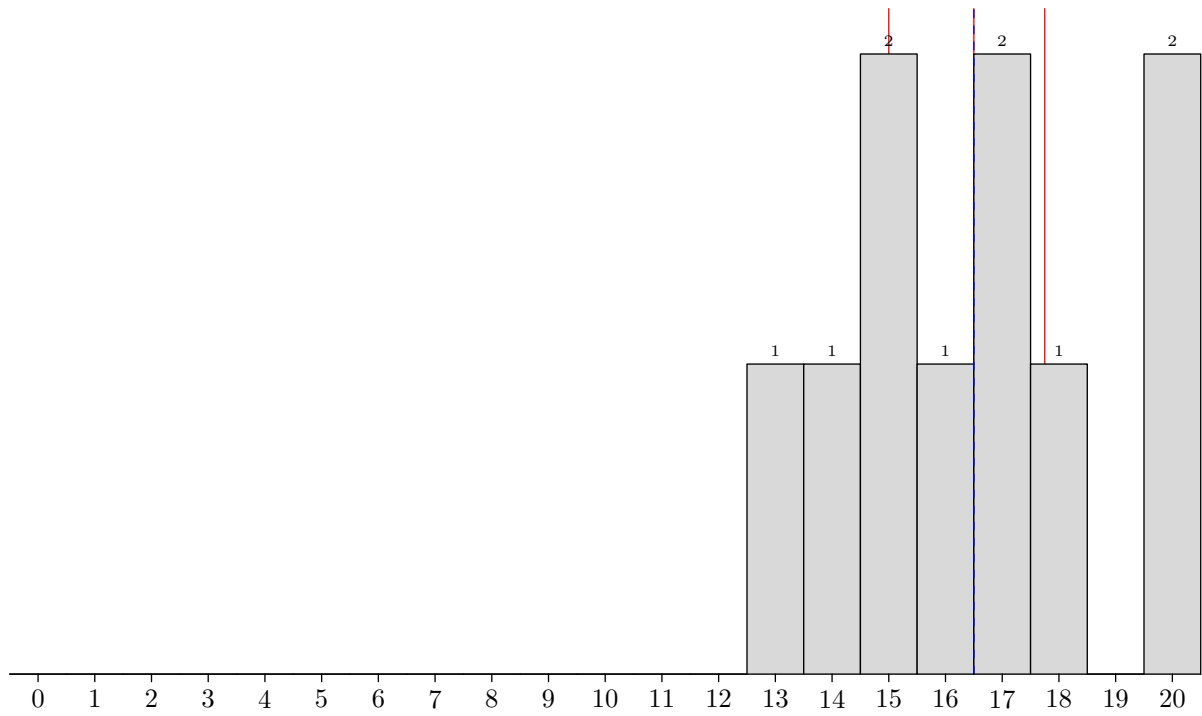
Anglais



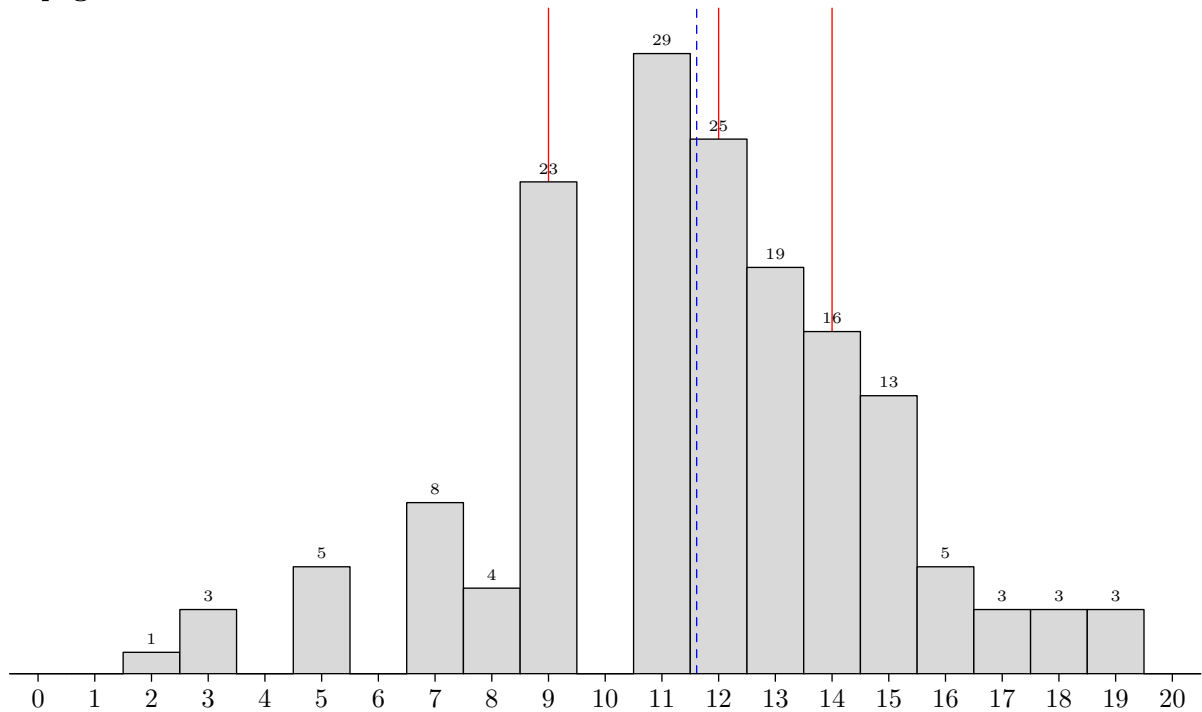
Arabe



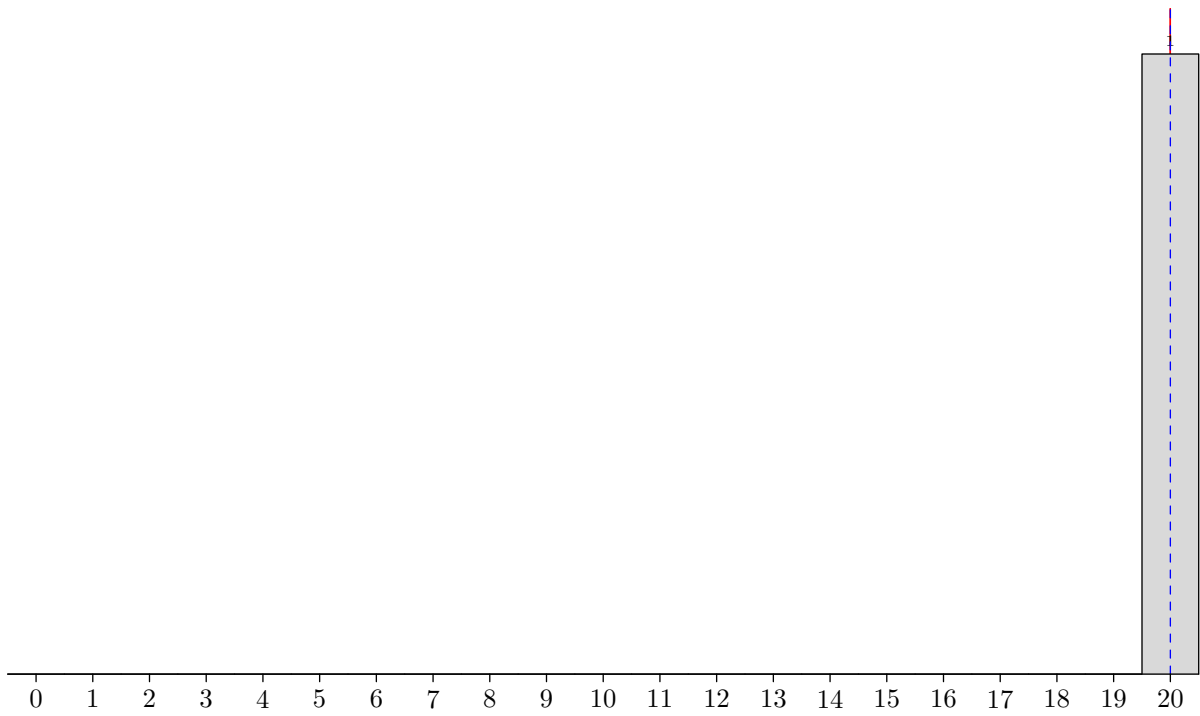
**Chinois**



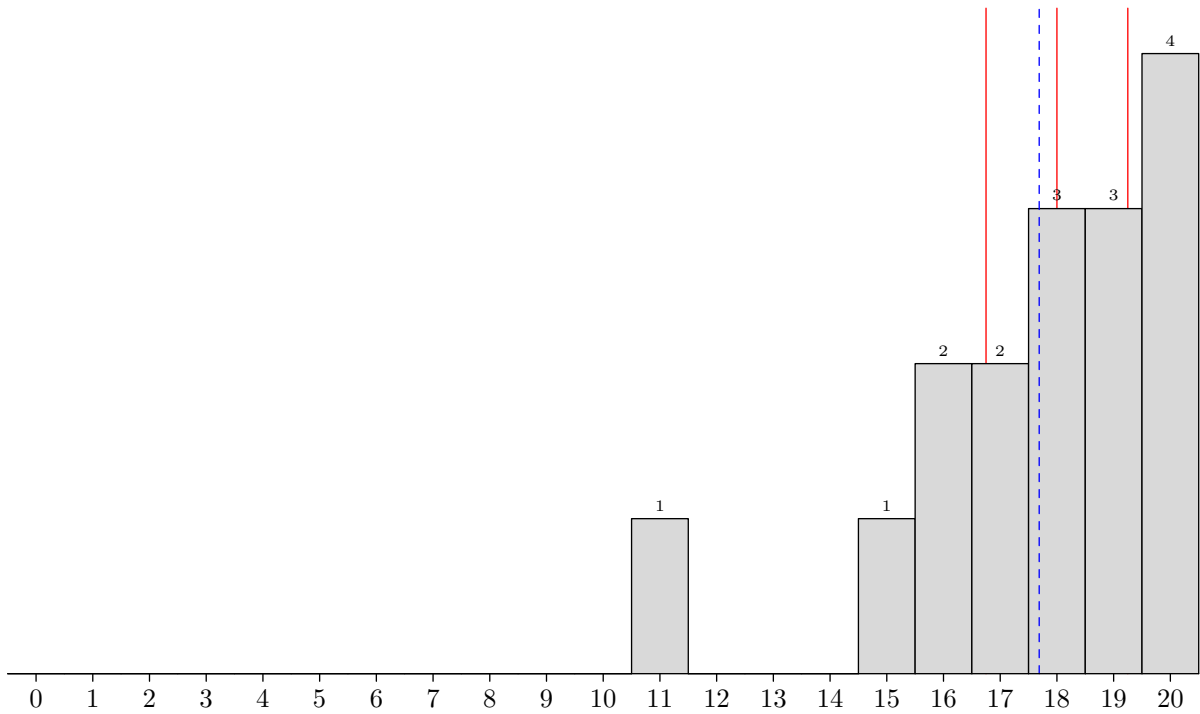
**Espagnol**



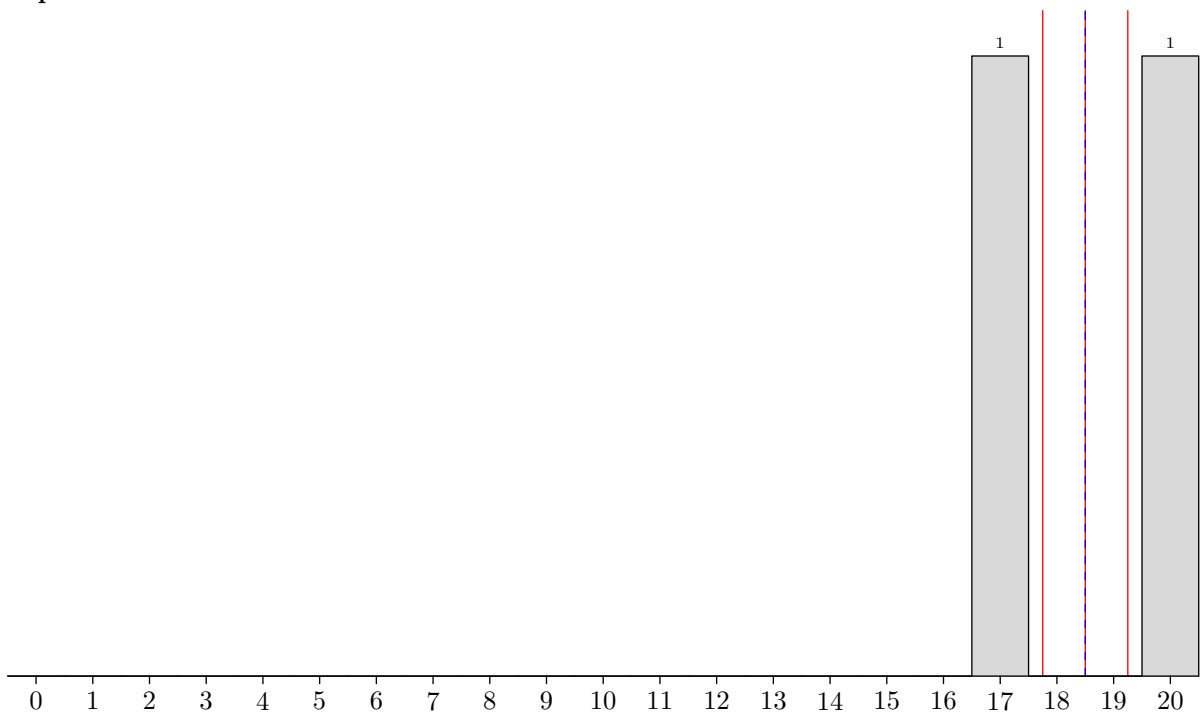
**Grec**



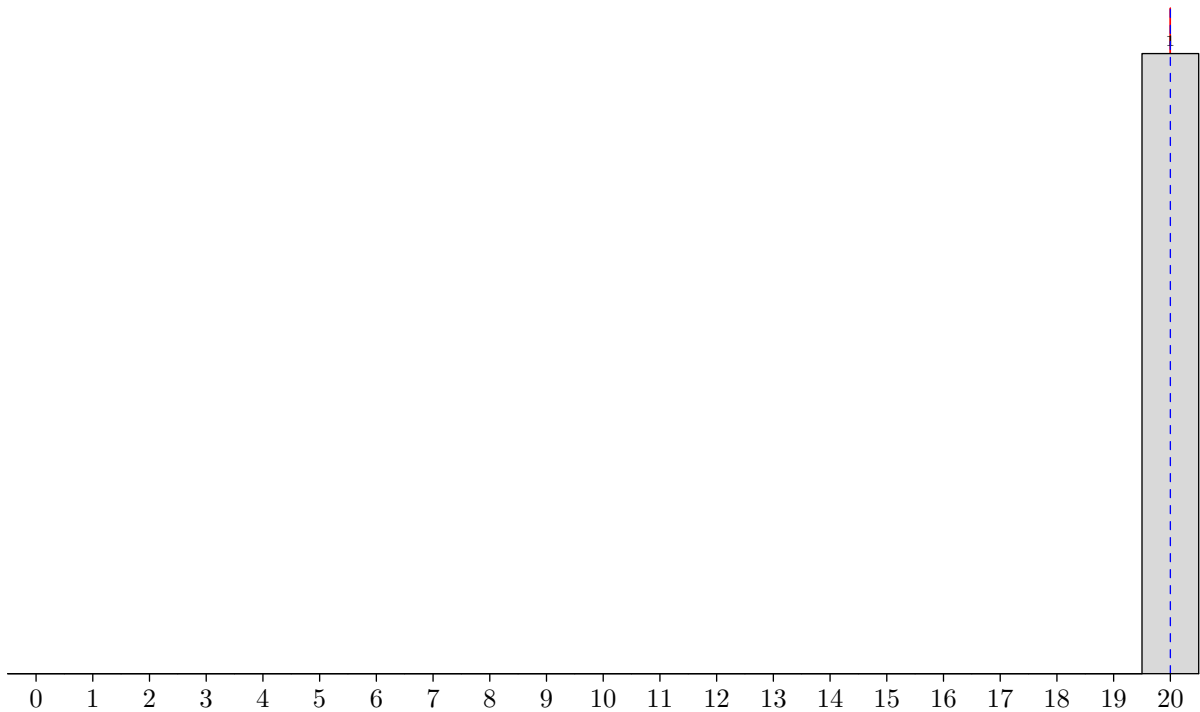
**Italien**



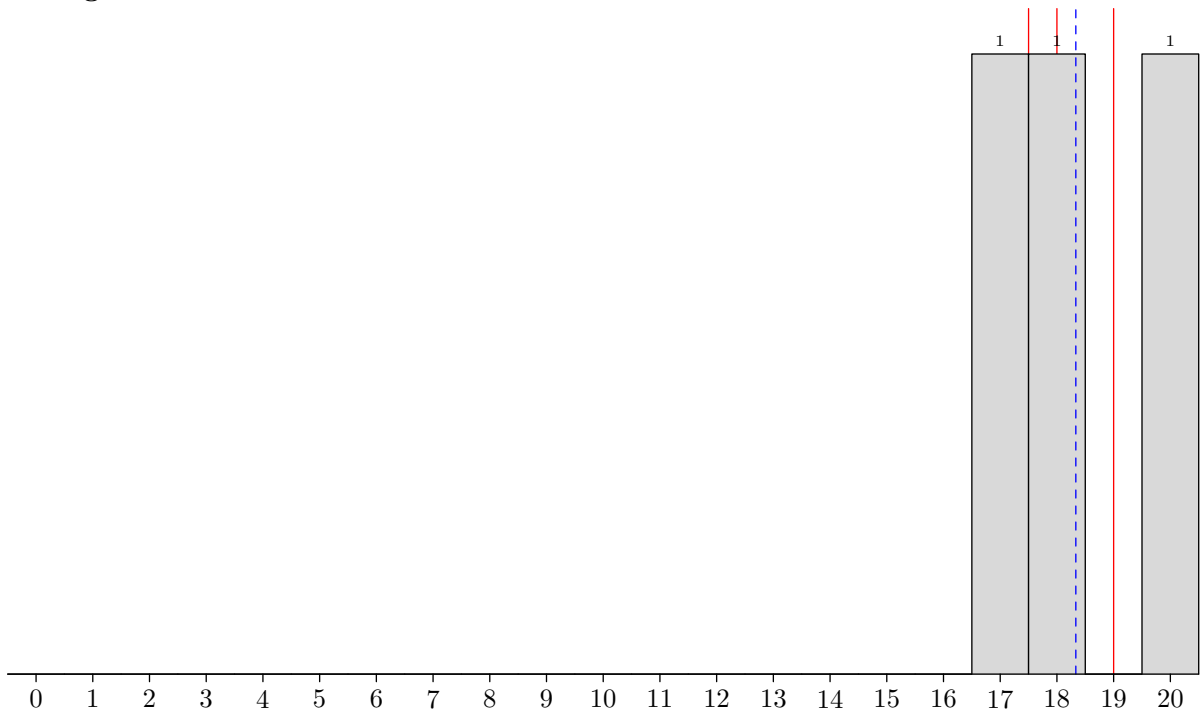
**Japonais**



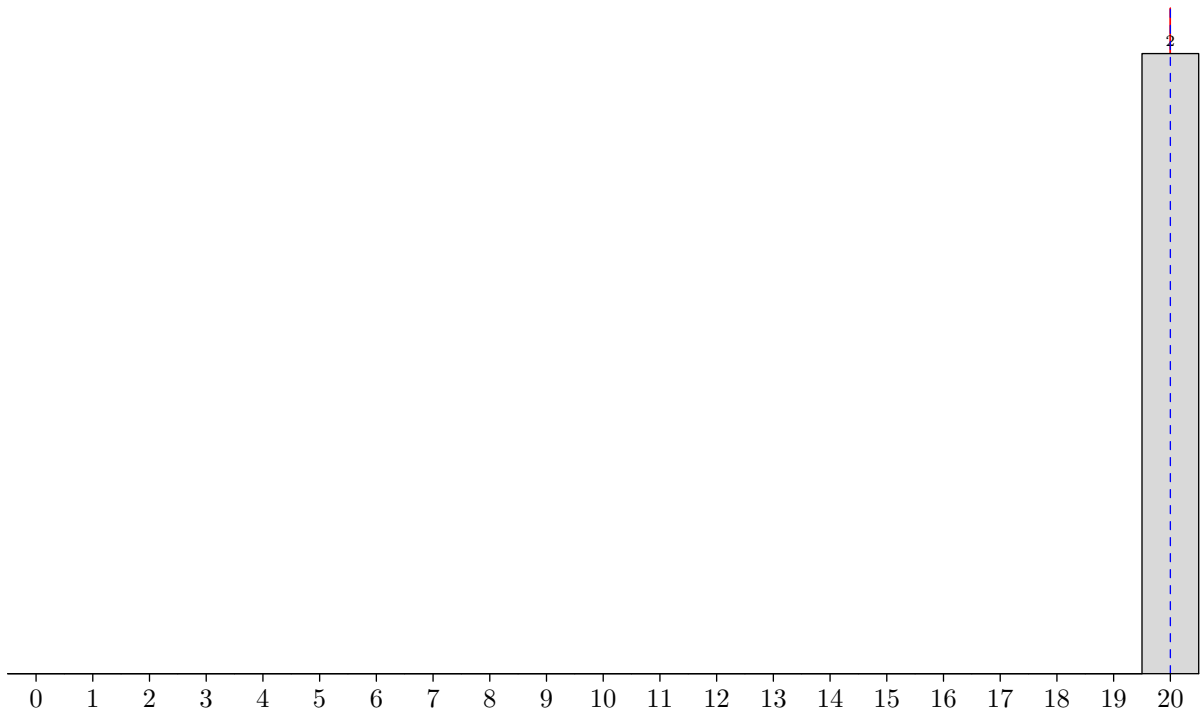
**Polonais**



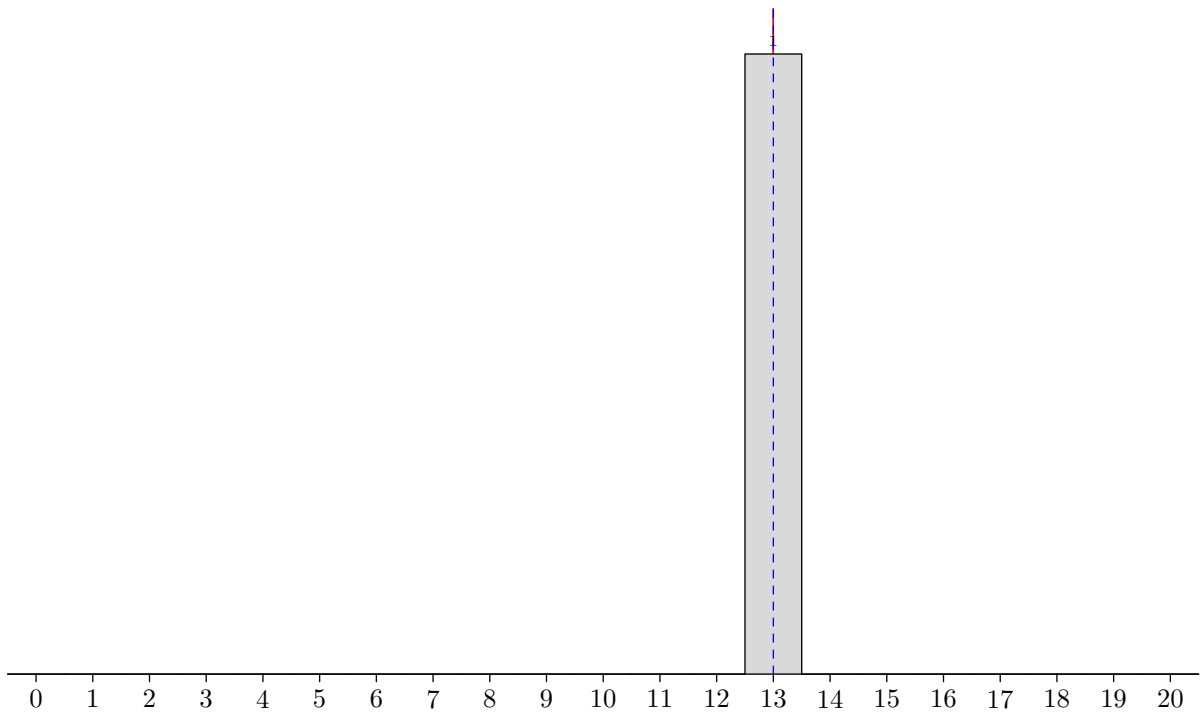
**Portugais**



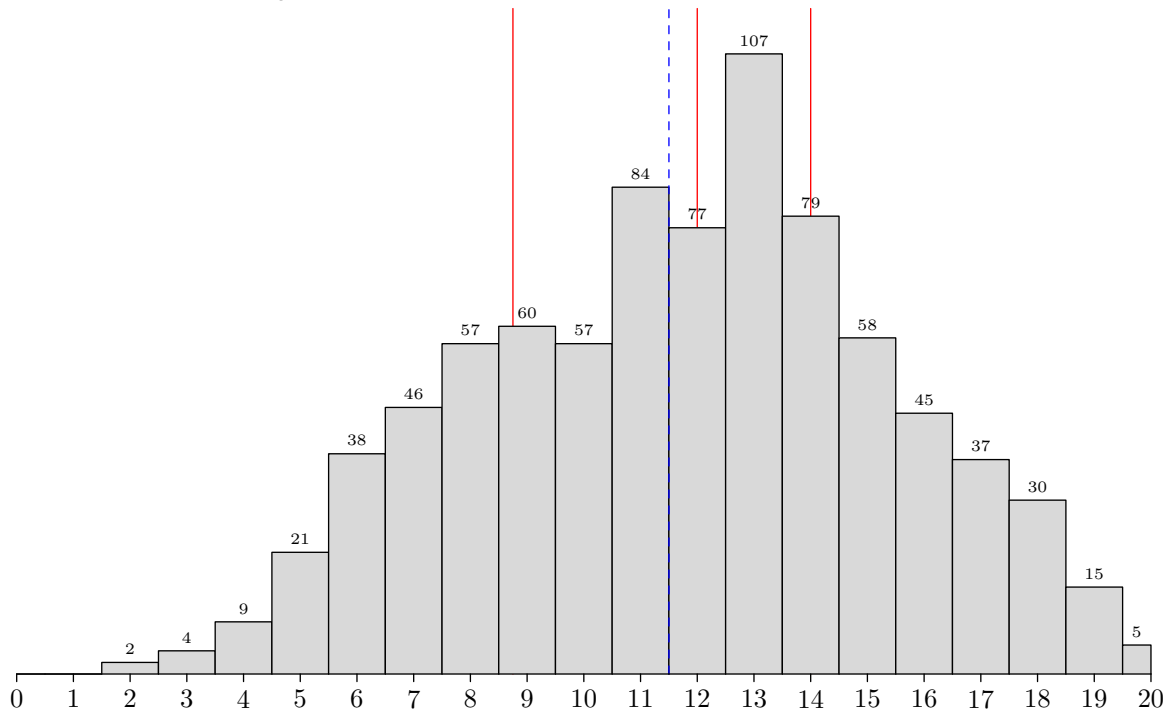
**Russe**



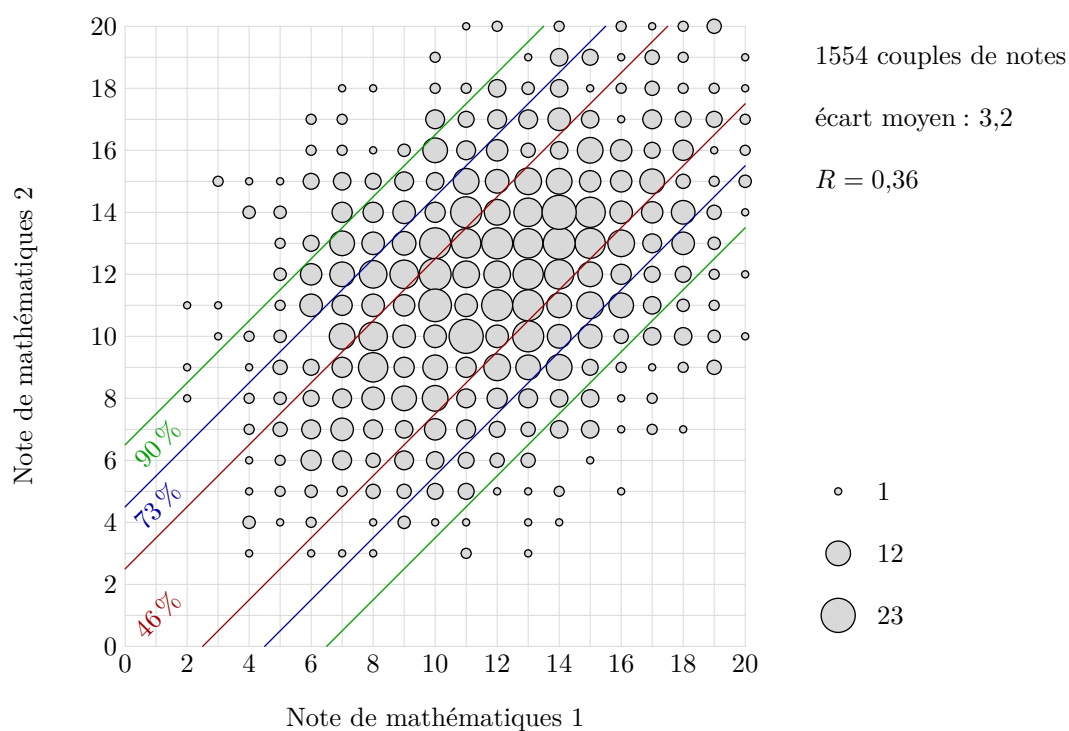
**Turc**



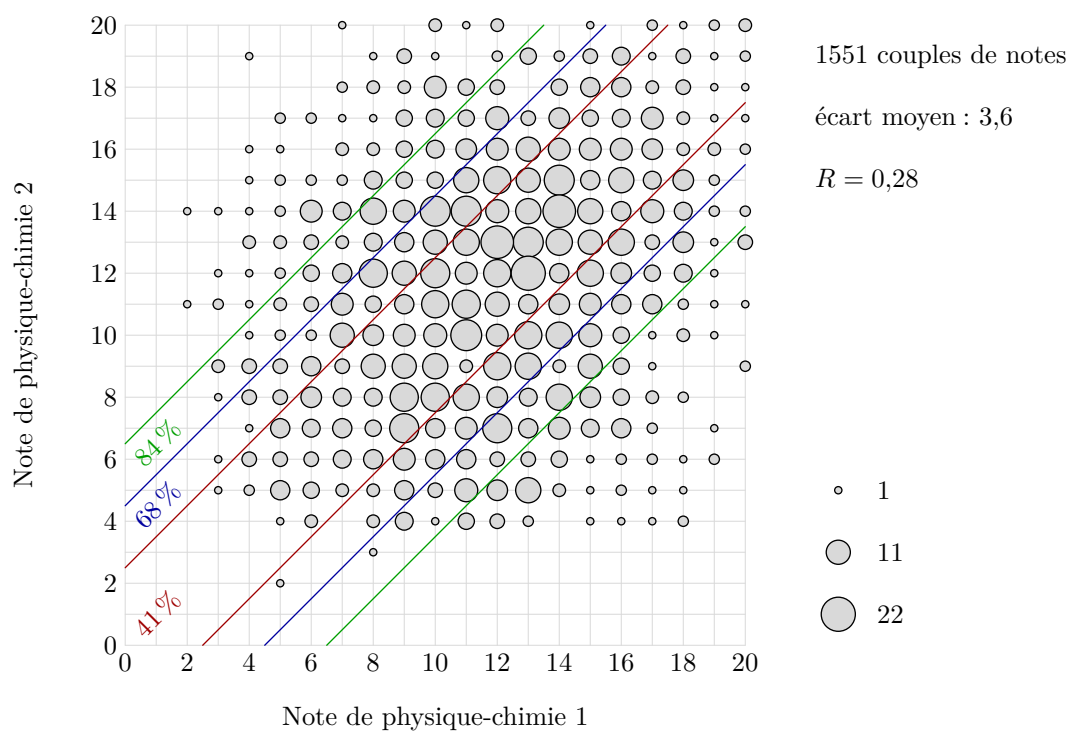
**Entretien scientifique**



### Corrélation entre mathématiques 1 et mathématiques 2



### Corrélation entre physique-chimie 1 et physique-chimie 2





# Mathématiques

Chaque candidat admissible au concours Centrale-Supélec passe deux épreuves de mathématiques lors de son oral, chacune d'entre elles ayant sa spécificité propre.

## Présentation des épreuves

### Épreuve de mathématiques 1

L'épreuve de mathématiques 1 est une épreuve sans préparation d'une durée d'environ 30 minutes. L'usage de la calculatrice est autorisé mais dans les faits très rare.

Le candidat se voit proposer un exercice de deux à quatre questions. Celles-ci sont progressives et la première est souvent très proche du cours. Il est tout à fait possible d'avoir une bonne note sans avoir répondu à toutes les questions. L'exercice proposé est avant tout un support pour évaluer les connaissances du candidat sur une ou plusieurs parties du programme et sa faculté à mener un dialogue réfléchi avec l'interrogateur.

Dans le même but, l'interrogateur peut être amené à poser quelques questions en dehors de l'exercice, ce sans corrélation avec le niveau de la prestation du candidat.

### Épreuve de mathématiques 2

L'épreuve de Maths 2 est une épreuve de mathématiques utilisant l'outil informatique. Un ordinateur équipé des environnements de développement Pyzo et Spyder est mis à disposition du candidat. Des fiches d'aide présentant différentes fonctions Python pouvant être utiles sont fournies lors de l'épreuve sous forme papier ainsi que sous forme d'un fichier Pdf présent sur l'ordinateur. Ces fiches sont consultables en ligne sur le site du concours. Le candidat dispose d'une préparation d'une demi-heure puis est interrogé pendant 25 minutes environ. L'outil informatique peut être employé pour effectuer des calculs, des tracés de courbes ou de surfaces, étudier des exemples numériques correspondant à un problème théorique donné, effectuer des calculs matriciels (par exemple résoudre un système linéaire ou rechercher les éléments propres d'une matrice), simuler une expérience aléatoire, émettre des conjectures... Dans cette épreuve, on évalue la capacité du candidat à aborder de manière constructive les notions du programme de mathématiques de la filière PSI, à choisir la meilleure représentation d'un objet pour résoudre un problème donné, à organiser de manière claire un calcul complexe. La capacité à s'exprimer et la rigueur de la démarche sont aussi prises en compte dans la notation.

## Analyse globale des résultats

### Épreuve de mathématiques 1

Le format de l'épreuve, maintenant bien connu des étudiants, favorise tout au long de sa durée une interaction constante entre l'interrogateur et le candidat. Ceci nous a permis de classer ces derniers de façon efficace, tant sur leurs connaissances des résultats au programme que sur leur capacité à en faire un usage opportun et pertinent. En ce sens l'épreuve de mathématiques 1, avec 11,8 de moyenne et un écart type de 3,66, a fort bien tenu son rôle.

Au fil des ans nous avons pris l'habitude, dans ce rapport, d'identifier trois groupes de candidats. Celui des candidats extrêmement brillants, maîtrisant parfaitement le cours et qui en font une utilisation pertinente

et autonome, celui de la grande majorité des candidats, étudiants sérieux mais qui ont davantage besoin d'être guidés que ceux du précédent, enfin celui des candidats qui à la fois ignorent le cours et peinent à produire le moindre raisonnement. Nous avons constaté avec plaisir lors de cette session que le troisième groupe, déjà assez réduit les précédentes années, a presque disparu.

Il faut sans doute voir là la marque d'un écrit qui a pleinement rempli son rôle de filtre, mais il convient aussi de ne pas minimiser le travail fourni tout au long de l'année par les étudiants, le rôle et le dévouement de leurs enseignants et le mérite de tous dans ce constat positif.

Dans le dernier rapport, nous avions sûrement vu juste en imputant aux différentes phases d'enseignement à distance les difficultés constatées en algèbre linéaire. Cette année elles ont disparu et c'est plutôt l'analyse qui a posé le plus de difficultés aux candidats.

L'an passé nous terminions ce paragraphe en regrettant une fois de plus les lacunes fréquentes dans les domaines suivants :

- les candidats ont du mal à représenter les situations qu'ils rencontrent ; ils ne font quasiment jamais spontanément de dessins ou schémas, pourtant une figure claire peut résumer les hypothèses du problème, exposer rapidement les notations introduites et aider à résoudre l'exercice ;
- le calcul asymptotique, l'appréciation des ordres de grandeur n'est pas toujours maîtrisé, en tout cas pas avec la virtuosité attendue chez ceux qui se destinent à une profession scientifique ;
- le calcul différentiel et la géométrie différentielle élémentaires sont souvent très mal connus au point que des questions aussi simples que le calcul des dérivées partielles en coordonnées polaires ou le lien entre le vecteur gradient et les ensembles de niveau d'une fonction font chuter des candidats.

Si le dernier point semble, pour ce qui est du calcul différentiel en tout cas, s'améliorer légèrement, sans doute sous l'effet des nombreuses questions posées depuis plusieurs années dans ce domaine, pour les deux autres points nous ne pouvons que reconduire le constat dressé l'an passé, pire, il semble que les lacunes calculatoires quittent le cadre de l'analyse pour atteindre également le calcul matriciel le plus élémentaire et atteindre des candidats qui par ailleurs ont un bon niveau théorique. Nous ne pouvons qu'encourager les candidats à une pratique régulière de ce champ de notre discipline.

Ces trois points dépassant le cadre des seules mathématiques pour constituer le socle commun aux sciences, nous continuerons donc l'an prochain à y être sensibles et à les contrôler par des sujets comme par des questions annexes posées en fin d'épreuve. Reste à espérer que les candidats du concours 2023 auront lu et tenu compte des précédentes remarques.

## Épreuve de mathématiques 2

La majorité des candidats a compris le principe de l'épreuve de Maths 2 et beaucoup ont pris la peine de se familiariser avec les fiches d'aide disponibles pour l'épreuve 2.

Le jury est globalement satisfait des performances des candidats : la moyenne sur l'épreuve est d'environ 11,43 avec un écart type de 3,51. La majorité des candidats a été capable – parfois avec un peu d'aide – de répondre à l'étude numérique proposée et apporter des éléments de preuve mathématique, certains candidats le faisant de manière très brillante et autonome. Ces excellentes prestations sont un peu en diminution par rapport aux années précédentes. Par contre, on peut déplorer des prestations faibles aussi bien au niveau de l'emploi de l'outil informatique que de la maîtrise des questions mathématiques posées. Le réflexe de tester ses codes informatiques n'est curieusement pas du tout systématique. et une très grande partie des candidats ne sait pas comment n'exécuter qu'une partie des codes. Les moins habiles ne savent pas exécuter d'instructions dans la console, ou ignorent qu'il faut fermer la fenêtre graphique avant de relancer l'exécution de leur code.

Il est très rare que l'étudiant soit mutique. En revanche, le jury regrette que quelques candidats parlent sans écouter les conseils qui leur sont proposés. Un peu plus d'attention de la part de ces candidats leur permettrait sans doute de mieux répondre aux exigences de l'épreuve.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Remarques générales

Nous allons donner quelques conseils et mises en garde aux futurs candidats. Certains figuraient déjà dans les précédents rapports, d'autres non. La présente liste n'abolit pas les conseils prodigués dans les anciens rapports et nous conseillons aux candidats de la prochaine session de lire également les rapports des deux années précédentes.

Pour bien préparer ces épreuves, il faut tout d'abord travailler le cours, celui de seconde année, comme celui de première, puis les techniques usuelles. Un candidat qui connaît son cours et sait comment aborder les problèmes classiques est assuré d'avoir une note fort convenable. Toutes les notions du cours de deuxième année de PSI, mais aussi du cours de première année (intersection entre les programmes de MPSI et de PCSI), doivent être connues en particulier un candidat doit savoir **énoncer précisément tout théorème au programme**, lorsqu'un examinateur le lui demande. Certains candidats utilisent des notions qui ne sont pas au programme de PSI mais qui le sont dans d'autres filières (typiquement la compacité, le lemme des noyaux), alors même qu'ils en ignorent d'autres au programme. Les exercices ont été spécifiquement préparés pour la filière PSI et ne demandent pas de connaissances hors programme.

Les interrogateurs attendent du candidat qu'il ne se contente pas d'écrire au tableau, mais qu'il se retourne de temps à autre, pour s'exprimer oralement. La clarté et la précision du vocabulaire choisi sont alors appréciées. À l'inverse si le candidat veut profiter d'aide de la part de l'examinateur, il doit aussi savoir se taire de temps en temps et écouter les questions intermédiaires que posent l'examinateur qui sont souvent de précieuses indications, il faut en tenir compte et ne pas hésiter à les écrire pour bien les visualiser. La réussite de l'oral repose sur un subtil équilibre entre des phases de recherche écrites, d'échanges verbaux et d'écoute avec l'examinateur.

Le jury remarque que certains candidats sont parfois bloqués par la méconnaissance de résultats élémentaires de première année voire de terminale, quelques exemples : un polynôme réel de degré impair admet une racine réelle, l'expression des racines  $n^e$  de l'unité, reconnaître une primitive simple, écrire correctement une hypothèse de récurrence, utiliser une formule trigonométrique comme  $\sin(x + n\pi) = (-1)^n \sin(x)$ , les formules d'Euler, le lien entre affixe et vecteur, l'expression du carré du module d'un nombre complexe...

Il est attendu du candidat qu'il fasse preuve de rigueur. Quand il applique un théorème il doit en citer et en vérifier toutes les hypothèses. Sur le plan du raisonnement, il est primordial que l'examinateur sache celui qui est retenu par le candidat. Ce dernier à l'oral n'est pas tenu, comme à l'écrit, de tout rédiger, néanmoins il doit informer l'interrogateur du type de raisonnement qu'il mène : raisonnement par équivalence, raisonnement par double implication, raisonnement par récurrence. De la même façon si la quantification des variables obéit à l'oral à des exigences moins strictes qu'à l'écrit, le candidat doit au moins oralement informer l'examinateur du statut de chacune d'elles. Cette année nous avons observé une nette détérioration de l'usage des quantificateurs. Rappelons que pour montrer qu'une propriété est vraie pour tous les éléments d'un ensemble, il faut partir d'un élément quelconque de cet ensemble : par exemple, pour montrer que toutes les valeurs propres d'une matrices sont positives, on commence par écrire ou dire « soit  $\lambda$  une valeur propre de la matrice ». Très souvent les candidats qui ne savent pas par où commencer déclarent : « je vais peut-être faire un raisonnement par analyse-synthèse ». Rappelons que ce type de raisonnement est approprié pour montrer l'existence et l'unicité d'un objet mathématique

mais n'est pas la panacée universelle, pas plus qu'une récurrence n'est systématique pour toute question faisant intervenir un entier  $n$  dans son énoncé.

D'une manière générale, les candidats n'illustrent pas assez leur propos par des dessins, des figures ou des schémas. Le jury encourage et apprécie le recours spontané à des illustrations graphiques.

En début d'épreuve, la lecture, la copie presque intégrale au tableau de l'énoncé, la présentation générale trop détaillée et creuse du sujet est une perte de temps, les membres du jury interrogent toujours en ayant l'énoncé de l'exercice, et le candidat est invité à entrer d'emblée dans le vif du sujet.

### Utilisation du logiciel

Dans l'ensemble, la syntaxe de base du langage Python est bien maîtrisée ainsi que les rudiments d'algorithme nécessaires pour l'épreuve ce qui est un point positif. C'est moins vrai pour l'utilisation des outils d'ingénierie numérique.

Voici quelques conseils qui pourront aider les candidats dans leur préparation.

Il convient de se familiariser avec l'environnement Pyzo ou Spyder avant de passer l'épreuve : télécharger le logiciel, repérer où sont l'éditeur et la console, comment les utiliser, être à même de n'exécuter qu'une partie de son script pour corriger une erreur ou obtenir de nouveaux résultats, savoir faire des aller-retour dans l'emploi de l'éditeur et de la console (l'usage de `print` n'est pas une fatalité).

Il est recommandé aux futurs candidats d'être plus vigilants aux messages d'erreur renvoyés par le logiciel lors de l'exécution d'un script : ils peuvent permettre de corriger de nombreuses fautes de syntaxe ou de mieux comprendre l'utilisation des fonctions proposés dans l'aide Python. Il convient de prêter une attention toute particulière aux parenthèses. Il faut faire attention à ne pas commettre de fautes de frappe dans les imports si on emploie ceux mentionnés dans l'aide.

Les feuilles d'aide sont disponibles sur le site du concours et peuvent permettre tout au long de l'année de préparation d'illustrer de manière concrète le cours de mathématiques. La différence est nette entre les candidats ayant bien préparé leur oral et connaissant les fiches d'aide proposée par le concours et ceux les découvrant pendant la demi-heure de préparation.

Il faut être vigilant sur les bornes dans les `range`, sur les initialisations des variables avant les boucles ainsi que les terminaisons des boucles `while`. Il faut aussi faire attention aux indentations et à la façon de tester une égalité. D'une manière générale, les candidats doivent avoir une idée de la complexité de leurs calculs et ne pas attendre de longues minutes qu'une boucle interminable donne un résultat hypothétique.

Les candidats semblent mieux sensibilisés aux problèmes liés à l'utilisation de nombres à virgule flottante. Rappelons que les calculs en Python sont soumis à des imprécisions dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats.

La programmation des suites définies par une relation de récurrence est généralement bien menée. On notera cependant le retour de candidats qui ont utilisé des fonctions récursives de complexité exponentielle, alors qu'une simple boucle permet d'obtenir les résultats demandés en temps raisonnable.

Quand on demande une valeur numérique avec une certaine précision, il faut être capable de justifier que le résultat proposé respecte cette précision. C'est notamment le cas si on emploie une méthode de dichotomie ou si on essaie de donner une estimation de la somme d'une série numérique ( ce qui implique alors de majorer un reste).

Les fonctions `quad` et `solve` ne s'emploient qu'avec des fonctions d'une variable. Si on veut les employer avec des fonctions dépendant d'autres paramètres, il faut alors les utiliser en définissant une fonction à l'intérieur d'une fonction. Cela a pu surprendre certains candidats, mais un exemple – qui concerne une intégrale à paramètre – est donné dans l'aide.

Les tracés sont globalement maîtrisés. L'erreur la plus fréquente sur ce point est d'employer la commande `plot` avec des listes n'ayant pas le même nombre de termes ou de confondre abscisse et ordonnée. La commande `show()` permet de faire afficher plusieurs tracés sur une même figure : attention le résultat peut être affiché dans une fenêtre en arrière-plan et bloqué le reste de l'exécution d'un script. Le jury regrette que les commentaires sur les graphiques obtenus soit aussi pauvres : c'est dommage car l'interprétation d'un graphique peut donner lieu à de nombreuses conjectures. Il faut que les candidats pensent à regarder les échelles sur les axes lors des sorties graphiques et pensent à les utiliser.

Le jury est globalement satisfait de l'utilisation de la commande `odeint` pour les tracés de solution d'équation différentielle. Cependant, de nombreux candidats n'ont pas compris que le premier élément du tableau de temps  $T$  est celui sur lequel porte la condition initiale. Cela peut poser des difficultés quand on demande d'effectuer le tracé d'une solution d'une équation différentielle sur un intervalle  $I$  lorsque la condition initiale est prise en un temps situé à l'intérieur de  $I$ .

La manipulation des tableaux `numpy` est globalement satisfaisante. Il est recommandé de savoir extraire des lignes ou des colonnes de tels tableaux. Certains candidats ignorent que le produit matriciel ne s'effectue pas grâce au symbole `*` ou `**` pour les puissances.

L'utilisation du logiciel en algèbre linéaire demeure souvent délicate. L'utilisation du rang d'une matrice n'est pas utilisée alors qu'elle permet de répondre simplement à de nombreuses questions.

Trop de candidats n'ont pas compris ce que renvoie la commande `eig` du module `numpy.linalg` et en particulier ne savent pas extraire un vecteur propre associée à une valeur propre donnée (rappelons que ces vecteurs se lisent dans les colonnes de la seconde matrice renvoyée par la commande mentionnée ci-dessus et qu'un exemple montrant comment extraire un tel vecteur figure dans l'aide).

De plus, cette commande renvoie toujours un résultat même lorsqu'une matrice n'est pas diagonalisable. La commande `eig` ne permet pas donc de répondre simplement à la question de la diagonalisabilité d'une matrice connaissant ses valeurs propres, il faut en plus étudier la dimension des sous-espaces propres (ce qui est assez simple en utilisant des rangs) ou encore utiliser un polynôme annulateur scindé à racines simples (et là encore, le logiciel peut faire le calcul).

Le procédé d'orthonormalisation de Gram-Schmidt pose problème à une proportion non négligeable de candidats. Certains se lancent dans des calculs au tableau ou sur feuille, forcément fastidieux, alors que l'outil informatique est particulièrement indiqué dans ce cas. On peut conseiller au candidat pour arriver au résultat de bien décomposer les étapes de l'algorithme et d'avoir défini au préalable des fonctions calculant le produit scalaire et de la norme euclidienne associée.

En probabilités, les simulations numériques sont généralement bien menées. Cependant, peu de candidats pensent à citer la loi faible des grands nombres (ou Bienaymé-Tchebychev) pour justifier le fait qu'une moyenne de variables aléatoires indépendantes de même loi donne un résultat proche de l'espérance avec une grande probabilité. On entend trop souvent que la moyenne est « plus ou moins » la définition de l'espérance.

## Analyse

Comme nous l'avons mentionné en début de rapport, nous avons constaté une meilleure connaissance du cours sur les fonctions de plusieurs variables. Nous encourageons les futurs candidats à confirmer ces progrès. Par contre la partie **d), applications géométriques** du chapitre de calcul différentiel, a cette année encore causé de nombreux problèmes aux étudiants. Ceci est regrettable puisque les exercices portant sur cette partie furent souvent simples et proches du cours, abordant parfois également d'autres parties du programme et auraient dû permettre aux candidats de mieux réussir.

La recherche de primitives usuelles est trop souvent compliquée et ne conduit pas à des calculs naturels pour un bon nombre d'étudiants. Le calcul de dérivées élémentaires donne lieu de manière surprenante à de grossières erreurs de calcul, y compris chez des candidats à l'aise théoriquement.

La maîtrise des développements limités est loin d'être acquise pour tous les candidats. Rappelons que pour donner le développement limité d'une composée  $f \circ g$  de deux applications, on commence par celui de  $g$ . Peu d'étudiants utilisent des développements limités au sens fort (avec des grands  $O$ ), c'est dommage car ils sont suivant les situations plus ou autant économiques que ceux avec un petit  $o$ , pire certains ignorent la définition d'un grand  $O$  ou en donnent une sans recours à la valeur absolue. Rappelons enfin que si une suite de terme général  $u_n$  tend vers  $\ell$ , on a  $u_n = \ell + o(1)$ .

La formule de Taylor avec reste intégral mieux connue que les autres années pose néanmoins encore pour certains des difficultés. Il serait sage de comprendre l'efficacité de cette formule pour obtenir des résultats globaux (par exemple des inégalités).

Pour les équations différentielles on déplore encore l'utilisation déplacée de l'équation caractéristique dans l'équation différentielle  $y'' = \pm y$ . La méthode dite de « variation de la constante », utile (entre autre) à la résolution des équations différentielles linéaires du premier ordre avec second membre s'apparente pour les candidats fort souvent à une recette, présentée sans rigueur, et sans que l'on sache si l'on procède par condition nécessaire ou suffisante. Rappelons que l'oxymore cache un simple changement de fonction inconnue qui permet de donner par *équivalence* la solution *générale* l'équation avec second membre. La structure de l'ensemble des solutions d'une équation différentielle linéaire est parfois ignorée.

Signalons que dans l'étude des séries on ne doit pas écrire la somme avant d'avoir justifié sa convergence et que les théorèmes de comparaison au programme, demandent que l'on compare les termes généraux, non pas les sommes partielles et encore moins les séries elle-mêmes ou leur sommes. Signalons que la règle de d'Alembert ne fournit pas une condition nécessaire et suffisante de convergence absolue.

Les séries entières posent encore de grosses difficultés. Le jury rappelle aux candidats, que la règle de d'Alembert n'est pas le seul outil pour déterminer le rayon de convergence d'une série entière. Très peu d'étudiants ont par exemple le réflexe de dire : la suite  $(a_n)_{n \geq 0}$  est bornée donc le rayon de convergence de  $\sum a_n z^n$  est supérieur ou égal à 1 ou d'utiliser des relations de comparaison.

Il est à noter des confusions fréquentes sur le vocabulaire : suite ou application majorée, majorée en valeur absolue, bornée. Du reste les candidats omettent de plus en plus souvent les valeurs absolues, pourtant nécessaires lorsqu'il s'agit de montrer la convergence d'intégrales ou de séries. Dans  $\mathbf{C}$  l'omission du module conduit à des inégalités entre complexes.

Pour étudier une intégrale impropre, les étudiants ne regardent souvent que les bornes (même si c'est inutile) sans se demander au préalable sur quel domaine la fonction est continue ou continue par morceaux ; l'étude d'une borne est souvent délicate lorsqu'elle n'est ni 0 ni  $+\infty$ .

## Algèbre

Il est bon d'avoir à l'esprit l'hypothèse et la conclusion : en traduisant correctement l'une et l'autre, il n'y a parfois qu'un pas pour conclure.

Il ne faut pas confondre somme directe et supplémentaire, et maîtriser la définition de  $E_1 \oplus E_2 \oplus \dots \oplus E_k$  souvent utilisée mais rarement comprise.

La définition géométrique d'une projection ou d'une symétrie, liée à la donnée de deux espaces supplémentaires, pose des problèmes à beaucoup de candidats. Le cas particulier des projections orthogonales et des symétries orthogonales n'est pas non plus toujours maîtrisé.

Un nombre croissant de candidats de tous niveaux a du mal à effectuer rapidement des produits matriciels, ce alors même qu'une des matrices est un élément de la base canonique, dans ce dernier cas l'interprétation du produit matriciel en termes de produit de lignes par colonnes semble ne pas être présent à l'esprit.

Il est parfois difficile d'étudier le caractère diagonalisable d'une matrice  $2 \times 2$ . Le fait que les valeurs propres d'une matrice triangulaire se trouvent sur la diagonale ne dispense pas certains étudiants d'un

lourd calcul. Certains candidats ne voient pas qu'une matrice de taille  $n$ , qui n'est pas de rang  $n$ , admet 0 pour valeur propre. La détermination des espaces propres d'une matrice est le plus souvent abordée par résolution du système  $AX = \lambda X$ . La recherche du noyau de  $A - \lambda I_n$  par opérations sur les colonnes est pourtant bien plus rapide et élégante mais suppose de savoir interpréter vectoriellement les opérations sur les colonnes.

Dans le chapitre sur les espaces euclidiens, il faut avoir compris l'efficacité des bases orthonormées, en particulier pour écrire des coordonnées ou des matrices. Il faut savoir écrire les coordonnées d'un vecteur dans une base orthonormée, ainsi que l'expression du produit scalaire.

Dans le même ordre d'idée les propriétés des matrices orthogonales et la définition des isométries vectorielles ne sont pas bien connues de certains candidats. Précisons que contrairement à ce que nous avons entendu fréquemment lors de cette session,  $SO_2$  et  $SO_3$  ne sont pas des ensembles des matrices symétriques orthogonales !

### Probabilités

Le chapitre des probabilités semble avoir un statut particulier pour les candidats qui oublient trop souvent les hypothèses des théorèmes employés : ainsi il est difficile d'avoir celles de l'inégalité de Markov ou la définition d'un système complet d'événements.

Il va sans dire que nous attendons une bonne connaissance des lois usuelles (notamment de leur interprétation pour la binomiale et la géométrique).

La définition et les propriétés de la covariance n'étaient pas connues de beaucoup d'étudiants, dont certains d'un bon niveau par ailleurs.

Les étudiants doivent savoir comparer pour une variable aléatoire  $X$  et une application croissante  $f$  les ensembles  $\{X \geq a\}$  et  $\{f(X) \geq f(a)\}$ .

Il est préférable de ne pas commencer par une égalité de probabilités mais par une égalité entre événements. Ceci permet d'éviter les fréquentes confusions entre les différents objets en probabilités

De nombreuses inversions des inégalités dans l'inégalité de Bienaymé-Tchebychev montrent que des étudiants n'ont pas réfléchi sur le sens de cette formule, pourtant cruciale.

### Conclusion

Le jury est globalement satisfait des résultats de cette année mais regrette la baisse du niveau en calcul et du soin porté à la quantification des variables.

Il note cependant qu'une grande majorité des candidats a compris les objectifs de ces épreuves. Le jury n'est pas là pour piéger le candidat mais bien au contraire pour évaluer au mieux ses connaissances.

De très bonnes prestations ont été réalisées par des candidats maîtrisant parfaitement les outils pratiques et théoriques mis à leur disposition.

Le jury encourage tous les futurs candidats à utiliser de manière régulière l'outil informatique pour appréhender de manière plus concrète les notions théoriques étudiées en cours de mathématiques.

# Physique-chimie

## Présentation des épreuves

### Physique-chimie 1

L'oral de physique-chimie 1 est une épreuve de 30 minutes, sans préparation, portant sur l'intégralité des programmes de sciences physiques de la filière PSI. Lors de cette épreuve, l'usage de la calculatrice est autorisé.

À son entrée en salle, le candidat se voit remettre un sujet, comportant un exercice unique. Il dispose de quelques instants pour en prendre connaissance avant de se lancer dans sa résolution au tableau. Cette épreuve est conçue pour évaluer en priorité la maîtrise des compétences « *s'approprier* », « *être autonome, faire preuve d'initiative* » et « *communiquer* » par les candidats.

L'énoncé comporte entre 3 et 5 questions, la première d'entre elles étant toujours une question de cours ou d'application directe du cours. Les questions suivantes permettent au jury d'apprécier la capacité des candidats à s'appuyer sur leurs connaissances et savoir-faire pour s'adapter à des situations nouvelles. L'analyse physique, l'esprit d'initiative, la rigueur de la démarche doivent être mis en avant.

Au cours de l'épreuve, deux formulaires sont mis à la disposition des candidats : un formulaire d'analyse vectorielle portant principalement sur les opérateurs, ainsi qu'un formulaire de physique regroupant les différentes lois et formules rencontrées dans le programme mais non exigibles (relations de passage pour le champ électromagnétique, formules de conjugaison des lentilles minces, lois de Coulomb...).

### Physique-chimie 2

L'épreuve de physique-chimie 2 évalue les compétences suivantes : « *communiquer* », « *s'approprier* », « *analyser* » et « *être autonome, faire preuve d'initiative* ».

L'épreuve, d'une durée totale de 1 heure, comporte une demi-heure de préparation. Un ordinateur, sur lequel est notamment installé Python, est à la disposition du candidat. Il peut aussi utiliser sa calculatrice personnelle lorsque cela est nécessaire, y compris lors du passage au tableau.

Chaque énoncé proposé tient sur une page au maximum.

Les sujets comportent des documents complémentaires inclus dans l'énoncé ou bien fournis sur ordinateur.

Environ 75 % des documents sont des scripts Python à exécuter et éventuellement à modifier (cf annexe informatique) ; il peut s'agir sinon de vidéos, documents techniques, extraits d'articles, diapositives. Ils sont fournis dès le début de la préparation et peuvent également être consultés librement pendant l'exposé au tableau.

#### ANNEXE INFORMATIQUE (physique-chimie 2)

Bien que n'étant pas une épreuve d'informatique, le recours fréquent (mais pas systématique) à des scripts python peut amener le candidat à devoir écrire ou modifier quelques lignes de programme. Le cadre fixé est celui des capacités numériques et des annexes numériques incluses dans les programmes officiels des divisions de PCSI et PSI. Le candidat pourra être amené dans ce cadre à utiliser ou exploiter à un niveau élémentaire des objets de type `ndarray` du module `numpy`.

Nous continuerons d'exploiter l'IDE `pyzo` avec une distribution `anaconda` (actuellement déployée sous la version 3.9 de python).



Les domaines abordés peuvent être choisis parmi n'importe quelle rubrique du programme des deux années de la filière PSI retenu pour le concours.

Un sujet est toujours en rapport avec un thème ou deux du programme. Il peut porter exclusivement sur de la chimie, qui est traitée comme toute autre rubrique du programme.

Le jury attend des candidats qu'ils présentent leur sujet : ils doivent en quelques phrases détailler la problématique abordée, la nature et le contenu des documents fournis et succinctement justifier de l'utilité des questions posées.

Les connaissances ne sont pas directement testées au cours de cette épreuve ; les planches proposées peuvent éventuellement comporter des rappels de cours, afin de permettre une immersion plus rapide dans le sujet.

Le cours ne constitue pas une base de repli pour les candidats, qui doivent rester concentrés sur la problématique proposée. Certains points du cours peuvent néanmoins être soulevés à la demande de l'examinateur.

## **Analyse globale des résultats**

### **Physique-chimie 1**

Cette année encore, le jury a eu le plaisir d'assister à quelques prestations de très haut niveau : environ 25 % des candidats obtiennent une note supérieure ou égale à 14. À contrario, environ 12 % des candidats se voient attribuer une note inférieure ou égale à 6, le plus souvent par manque de maîtrise du cours de physique-chimie. Le jury tient donc à rappeler que les sujets sont toujours conçus de sorte que les candidats puissent mettre en valeur leur bonne maîtrise des capacités exigibles du programme au début de l'interrogation. Aussi est-il vivement recommandé d'être au point sur toutes les capacités exigibles du programme, y compris celui de première année. Cependant, les questions dites de cours doivent être traitées dans un temps raisonnable.

### **Physique-chimie 2**

Il y a environ 24 % de bons voire très bons candidats qui obtiennent une note entre 15 et 20 (dont 7 % obtiennent 18 ou plus). La discrimination entre ces candidats se fait entre autres par la communication, la présentation du sujet et de ses documents pouvant rapporter jusqu'à 3 points. Un autre facteur d'appréciation important est l'exploitation des documents ou scripts Python fournis : il s'agit d'interpréter, mais aussi d'exploiter de façon rigoureuse les données extraites des documents.

## **Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats**

### **Remarques générales**

#### **Physique-chimie 1**

Les questions dites de cours sont souvent traitées dans une durée excessive. Prendre 20 minutes ou plus, pour utiliser le théorème de Gauss sur des géométries classiques, calculer une température de flamme ou le rendement de Carnot d'un moteur ditherme rend l'appropriation de la suite du sujet difficile.

Le jury tient à rappeler que l'épreuve dure 30 minutes en comptant le temps d'arrivée à la salle, la vérification de la convocation et des papiers d'identité. Ainsi il est fortement conseillé de préparer sa

convocation, sa carte d'identité **et sa calculatrice** afin d'aborder l'épreuve le plus rapidement possible. Le temps perdu par le candidat à retrouver sa carte d'identité au fond de son sac n'est pas récupéré.

Au début de l'épreuve, le candidat peut démarrer directement, ou prendre le temps de lire le sujet pendant quelques instants. Cependant, le jury a remarqué que certains candidats démarrent trop rapidement, sans même prendre connaissance du verso du sujet où se situent souvent les données numériques nécessaires à la résolution du problème.

Concernant la forme, les candidats font bien la part des choses entre ce qui doit être écrit au tableau et ce qui peut être expliqué oralement à l'examineur. Cependant, même s'il s'agit d'un oral, l'utilisation du tableau doit être ordonnée et lisible. Certains pensent gagner du temps en écrivant rapidement de façon désorganisée, mais ils se pénalisent eux-mêmes car ils ont plus de difficultés à s'appuyer sur ces éléments pour construire la suite de leur raisonnement.

L'autonomie et l'initiative sont des critères importants de l'évaluation. Les énoncés sont en effet conçus de façon à laisser des libertés aux candidats, sur le paramétrage du problème et sur la stratégie de résolution à adopter, entre autres. Aussi, le jury regrette fortement que certains, en manque d'idées de réponse, adoptent une attitude attentiste : les examinateurs n'indiqueront jamais exactement la marche à suivre mais donneront des indices ou des débuts de raisonnement.

Certains candidats confondent trop souvent « colles » et oraux de concours. Il ne faut pas poser des questions, *tout le temps*, au jury dans le but de savoir si la démarche choisie est la bonne ou non. Si la démarche choisie est mal expliquée ou fautive, le jury apportera une aide en posant des questions sur les passages problématiques du raisonnement effectué, afin de remettre le candidat sur une piste pertinente.

Le jury note une lenteur dans la réalisation de calculs de base du cours mais aussi dans la manipulation d'outils comme la projection de vecteurs, les réalisations d'applications numériques avec ou sans calculatrice.

## Physique-chimie 2

La communication est un paramètre important de l'évaluation. Elle intervient notamment au niveau de la présentation du sujet et des documents, des réactions aux questions, des enseignements tirés des divers documents ou applications du sujet. Bien entendu, le candidat qui commence sa présentation par « à la question 1), j'ai répondu... » est pénalisé. Il est d'ailleurs incompréhensible que certains ne s'intéressent pas à la contextualisation des sujets.

Viennent ensuite les compétences « *s'approprier* » et « *analyser* » ; les documents constituent une source d'informations à savoir extraire et utiliser. À ce sujet, les courbes tracées sur Python méritent d'être exploitées plus rigoureusement ; les candidats rechignent encore à utiliser les fonctionnalités de la fenêtre graphique de pyzo, comme la loupe ou le pointeur, qui permettent une lecture précise des coordonnées d'un point. Enfin, on voit souvent des candidats vouloir résoudre un problème en « ordres de grandeur » ; ceci ne doit pas se faire au détriment d'une utilisation rigoureuse des documents fournis.

L'épreuve évalue enfin la compétence « *être autonome, faire preuve d'initiative* ». Souvent, les résultats utiles du cours doivent être amenés par les candidats. Selon les sujets, il peut être de leur ressort de proposer un modèle de résolution, un calcul à mener dans le but de vérifier une hypothèse, etc. Même si tous les sujets ne le permettent pas, on voit certains candidats proposer des démarches originales (transformation d'un script python afin de créer un graphique, calcul complémentaire dans le but de confirmer ou d'infirmer une hypothèse, etc.). Le jury apprécie également tout commentaire sur les résultats (est-ce attendu, surprenant, conforme aux documents, etc. ?).

Au cours de l'oral, l'interrogateur pose naturellement des questions, qui peuvent correspondre à de simples analyses de résultats, des prolongements ou ouvertures. Les interventions du jury sont variables puisqu'elles dépendent du chemin pris par le candidat (souvent, le but d'une question est de lui donner

l'occasion de corriger une erreur ou de changer de stratégie) ; elles dépendent aussi du niveau du sujet qui peut nécessiter une aide bienveillante afin d'avancer dans la problématique proposée.

L'objectif du jury, par les questions ou les remarques formulées, est uniquement d'évaluer les candidats et il s'efforce de le faire avec justesse et rigueur.

L'accent doit être mis sur la présentation du sujet **et des documents fournis**, l'intérêt qu'ils suscitent (il serait souhaitable d'exposer d'emblée quelques propriétés ou résultats extraits au cours de la préparation) ; par ailleurs, l'examineur a besoin qu'on lui présente le sujet pour être plus rapidement au fait des idées du candidat et des hypothèses qu'il compte mettre en oeuvre. Un candidat peut, de sa propre initiative, retourner à l'ordinateur pendant l'interrogation ou utiliser sa calculatrice au tableau.

### Thermodynamique

Le jury note une proportion importante de candidats ne faisant pas la distinction entre transformations élémentaires et globales. Il faut que les écritures demeurent homogènes et on aimerait ne plus voir les écritures  $\Delta Q$  ou  $\Delta W$  qui montrent une incompréhension totale des candidats sur la notion d'échange d'énergie.

Cette année, le jury a noté fréquemment un manque de maîtrise sur l'application du premier principe industriel. Celui-ci est souvent peu connu et mal utilisé. L'utilisation des diagrammes des frigoristes ou entropiques, afin de relever des valeurs énergétiques, pose problème. Le théorème des moments chimiques est souvent mal exploité ou mal écrit ; rien n'empêche le candidat de le redémontrer rapidement si nécessaire. La formulation du premier principe en termes de puissances particulièrement riche gagnerait à être mieux connue.

Les candidats confondent très souvent détenteur et compresseur et n'arrivent pas à formuler les hypothèses correctes d'un fonctionnement idéal de ces dispositifs : il serait bon de se rappeler qu'un compresseur et une turbine sont sources de transfert mécanique en lien avec les pièces mobiles qu'ils comportent, alors que le détenteur ne possède pas de pièces en rotation. Tous ces dispositifs fonctionnent en première approximation de façon adiabatique. La confusion entre transformation isenthalpique et transformation isentropique est trop fréquente. Lors de l'étude de machines thermiques de la vie « quotidienne » (moteur, climatiseur, etc.), il serait bon que les candidats identifient correctement leurs sources et connaissent l'ordre de grandeur du rendement ou de l'efficacité de ces dispositifs.

Les questions de cours portant sur l'efficacité ou le rendement de Carnot ont été très mal traitées : le rendement d'un moteur est mal défini, les sources sont mal identifiées, et l'application des principes de la thermodynamique sur des transformations cycliques malmenée.

Le jury a été déçu à plusieurs reprises des prestations des candidats sur l'ensemble de la thermodynamique de première année et de seconde année malgré des exercices classiques de machines thermiques avec ou sans changement d'état.

### Électronique

Cette partie du programme est plutôt bien traitée. De bonnes connaissances générales sont constatées sur le fonctionnement d'un oscillateur électronique, sur le principe d'une détection synchrone, ou encore sur l'utilisation de l'analyse de Fourier pour le filtrage des signaux. Cependant, les candidats ne reconnaissent pas les montages diviseur de tension dans les montages à base d'ALI : c'est dommage car il s'agit un outil très performant et simple d'emploi qui peut parfois remplacer avantageusement la loi des nœuds en termes de potentiels que les candidats ont du mal à utiliser sans erreur de signe.

Dans le calcul des fonctions de transfert avec un regroupement parallèle en sortie, il est préférable d'utiliser les admittances plutôt que les impédances afin de simplifier grandement le calcul.

## Mécanique

En mécanique, les schémas doivent être soignés afin de faciliter la projection des forces sur les vecteurs unitaires de la base choisie. Il faut impérativement penser à définir le système et le référentiel d'étude avant l'utilisation de toute loi qui les nécessite. Les définitions du moment cinétique et du moment d'une force sont mal connues. Les formules des vitesses et accélérations en coordonnées cylindriques doivent être sues ou être retrouvées très rapidement. Les candidats doivent savoir faire le lien entre l'énergie mécanique et la nature de la trajectoire dans les exercices avec force centrale. Les théorèmes énergétiques sont plutôt bien maîtrisés, mais souvent sous-employés par rapport aux autres théorèmes de mécanique classique.

## Électromagnétisme

Certains candidats se lancent dans l'application du théorème d'Ampère (ou de Gauss) sans une étude préalable des invariances et symétries ou sans préciser le contour (ou la surface) utilisé(e). Il est dommage de voir le manque de recul sur le choix du contour d'Ampère ou celui de la surface de Gauss : par exemple, on n'utilise pas tout le temps un cercle d'Ampère comme contour pour une distribution à symétrie cylindrique.

Cette année, le jury a remarqué que le calcul du champ électrostatique pour le condensateur plan à l'aide du théorème de superposition était mal maîtrisé par une majorité de candidats. Il y a souvent confusion entre le champ créé par un plan infini uniformément chargé et le champ créé par un condensateur plan.

De trop nombreux candidats tentent d'appliquer systématiquement le théorème d'Ampère en faisant intervenir le champ magnétique, même lorsque des milieux magnétiques sont présents. Le jury rappelle que, dans ce cas, le théorème d'Ampère doit faire intervenir l'excitation magnétique.

L'utilisation qualitative de la loi de Lenz est maîtrisée par la plupart des candidats, ce qui leur permet de gagner un temps précieux dans la compréhension des phénomènes d'induction.

## Physique des ondes

Dans les exercices à base d'ondes stationnaires, les candidats ne savent pas toujours que deux nœuds sont distants d'une demi-longueur d'onde. Le jury rappelle que l'utilisation de l'impédance acoustique n'est pas adaptée dans le cas des ondes stationnaires et que son application doit être précisée dans le cas des ondes sphériques.

La définition de l'indice optique d'un milieu doit être connu des candidats.

## Mécanique des fluides

Le théorème de Bernoulli est bloquant pour nombre de candidats : l'énumération des hypothèses aboutit souvent à la conclusion qu'il ne faut pas l'utiliser. On rappelle que le fluide parfait est un modèle, qu'un régime permanent est une approximation ; il n'est donc pas interdit de faire l'hypothèse d'un fluide parfait en régime quasi-stationnaire.

Les pertes de charge donnent lieu à des prestations très inégales : la distinction entre pertes de charge singulières ou régulières semble mal acquise. La définition même de la charge n'est pas connue, un bilan de charge pouvant alors difficilement être mis en œuvre.

Les calculs de nombre de Reynolds butent toujours sur la même donnée : la longueur caractéristique, qui ne peut être n'importe quelle longueur d'un énoncé. De plus, il est bon d'avoir en tête un ordre de grandeur du nombre de Reynolds critique (à ne pas confondre avec le nombre de Reynolds limite permettant l'application de la loi de Stokes).

## Chimie

Tous les thèmes au programme peuvent intervenir dans un sujet donné. Les candidats montrent d'ailleurs une assez bonne maîtrise des thèmes au programme. Cependant, on a pu constater que :

- la cinétique chimique formelle est un peu oubliée ;
- les concepts d'oxydation et de réduction donnent lieu à quelques confusions ; de plus, beaucoup de candidats n'ont pas de méthode sur laquelle s'appuyer pour écrire une équation de réaction d'oxydo-réduction, ce qui n'est pas toujours une tâche évidente ;
- les états physiques sont souvent omis dans l'écriture de la réaction, ce qui entraîne inévitablement des erreurs dans les calculs de constantes de réaction.

La détermination d'une température de flamme prend souvent trop de temps en raison d'erreurs de raisonnement : choix d'un parcours fictif en fonction des données incorrect, oubli de la présence de diazote dans l'air, confusion entre coefficients stœchiométriques et quantités de matières des constituants présents, etc.

## Phénomènes de transport

Lors des bilans de diffusion thermique en coordonnées sphériques ou cylindriques, il ne faut pas oublier que la surface est modifiée entre entrée et sortie. Ainsi, il est préférable de travailler sur le flux thermique plutôt que d'introduire trop rapidement le courant de diffusion thermique.

Les équations générales faisant intervenir des opérateurs vectoriels sont souvent utilisées à tort par les candidats qui n'arrivent pas à les adapter à la géométrie du problème posé. Certains sont incapables d'exploiter une situation où il y a un terme de création, ne sachant plus comment poser un bilan simplement.

Le calcul d'une résistance thermique (ou électrique) en coordonnées cylindriques est devenu un exercice peu réussi.

L'épaisseur de peau en conduction thermique n'est presque jamais amenée de façon spontanée, au contraire de la diffusivité thermique.

## Conversion de puissance

Même si le niveau des prestations est globalement inégal sur cette thématique, une bonne partie des candidats la traite de façon très satisfaisante. On doit souvent rappeler que la valeur moyenne de la tension aux bornes d'une inductance est nulle et qu'il en est de même pour l'intensité traversant un condensateur.

Le choix du transistor ou de la diode pour définir les interrupteurs est une partie mal traitée par une majorité de candidat.

## Conclusion

Les deux épreuves orales de physique-chimie sont clairement différenciées dans leur déroulement et dans les compétences évaluées. Le jury invite les futurs candidats à bien prendre en considération les conseils donnés dans les rapports des années précédentes et est bien conscient du fait que la réussite de ces épreuves exige un grand nombre de qualités.

En physique-chimie 1, l'accent doit être mis sur l'appropriation du sujet proposé (définition du système étudié, analyse physique, énoncé rigoureux des phénomènes utilisés, etc.) et sur l'interaction avec le jury. Les échanges doivent être constructifs et il faut faire preuve d'autonomie. Il est également indispensable

de disposer d'un minimum de recul sur l'ensemble du programme, afin de réussir à faire le lien entre les situations proposées lors de l'oral et celles déjà rencontrées au cours de la formation (en cours, en TD, etc.).

En physique-chimie 2, l'accent doit être mis sur la présentation du sujet et des **documents fournis**, mais aussi sur une exploitation plus rigoureuse des résultats : les documents proposés sont souvent pointus et le jury n'attend pas uniquement des évaluations en ordre de grandeur quand il est possible de faire une lecture précise d'un résultat (par exemple sur un graphique).

Le jury constate que le niveau général du concours est toujours élevé : de nombreux candidats sont brillants, par leur rigueur, leur dynamisme et leur enthousiasme à venir passer des oraux.

# Travaux pratiques de physique-chimie

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve, d'une durée de 3 heures, consiste à réaliser plusieurs expériences, à analyser et à interpréter les résultats en vue de répondre à une problématique concrète et explicitée en introduction.

Que ce soit en chimie (titrage, étude cinétique et thermodynamique, oxydoréduction, électrolyse...) ou en physique (électricité, électronique, optique, capteurs...), il s'agit d'étudier un phénomène particulier à l'aide des notions figurant au programme des deux années de préparation. D'une manière générale, les candidats sont évalués à partir des compétences de la démarche expérimentale : s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer.

L'évaluation s'articule le plus souvent autour de trois composantes : les échanges oraux qui permettent de valider le protocole élaboré par le candidat ou de vérifier que le candidat a compris la manipulation qui lui était proposée, les gestes techniques et le compte-rendu. En effet, parallèlement aux échanges avec l'examineur, les candidats rédigent un compte-rendu dans lequel figurent les réponses à certaines questions identifiées ou à l'intégralité des questions (selon les indications du sujet). Ils doivent par ailleurs analyser et valider les résultats et répondre de façon argumentée à la problématique posée. Enfin, ils doivent effectuer une synthèse montrant qu'ils ont compris la démarche et la finalité de l'étude ou encore, en TP de physique, répondre à une question ouverte permettant de replacer le travail dans un contexte plus général.

Le matériel fourni diffère d'un centre d'examen à l'autre. Par défaut, les candidats doivent se munir d'une calculatrice et du matériel d'écriture usuel (stylos, crayons, gomme et règle). Les copies et les brouillons sont en revanche toujours fournis par le concours. Les appareils connectés (et en particulier les téléphones portables) et les clés USB sont interdits. Les montres sont interdites dans certains centres d'examen (par exemple à l'IUT Orsay) mais dans ce cas un réveil ou une horloge est mis à disposition des candidats. Pour les manipulations de chimie et pour des raisons de sécurité, les candidats doivent porter un pantalon et des chaussures fermées, les cheveux longs doivent être attachés. Ils doivent se munir d'une blouse en coton à manches longues et apporter leurs lunettes de protection. Les lentilles de contact ne sont pas autorisées.

Durant l'épreuve, les candidats peuvent disposer de la notice de certains appareils ou bénéficier d'explications sur le fonctionnement de certains dispositifs. Des modes d'emploi succincts des différents logiciels sont parfois mis à disposition.

## Analyse globale des résultats

Les candidats de la filière PSI semblent bien préparés à l'épreuve. Les manipulations de chimie ne semblent pas leur poser de problèmes, l'interprétation des phénomènes peut cependant s'avérer délicate.

Cette année encore, le jury se félicite de la présence de candidats excellents.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Attitude

L'épreuve de travaux pratiques se déroule souvent dans un lieu différent de celui des autres épreuves. Les candidats doivent donc veiller à se présenter à l'endroit et à l'heure précisés notés sur leur convocation.

Il est rappelé que cette épreuve s'effectue en temps limité : trois heures pour la réalisation des expériences et la rédaction du compte-rendu, une fois les explications et consignes données. En chimie, le rangement de la paillasse et la vaisselle se font en dehors des trois heures.

Les candidats sont responsables de la gestion de leur temps, qui doit leur permettre de traiter l'essentiel de l'épreuve dans la durée impartie. En chimie, mais également en optique, certains candidats retardent à l'excès la mise en œuvre des expériences et perdent beaucoup de temps à s'approprier la problématique en s'engageant dans des calculs très souvent inadéquats. Le jury leur conseille, en cas de difficulté dans la compréhension du sujet, de faire appel à l'examineur pour engager un dialogue qui, certes, peut les priver d'une partie des points attribués dans le barème à l'appropriation du problème posé mais leur permet de mettre en œuvre les protocoles et d'exploiter les résultats des mesures, activant ainsi les compétences « réaliser » et « valider ». Il est attendu des candidats une attitude dynamique et la prise d'initiative pour gérer leur séance.

Les candidats sont invités à lire attentivement l'ensemble du sujet, y compris les informations en début de sujet et les annexes. En effet, une meilleure identification des différentes manipulations à réaliser et des éventuels « temps d'attente » (notamment en chimie : chauffage ou agitation de quelques minutes, acquisitions automatiques en cinétique, attente d'un appel) permettrait aux candidats de s'organiser avec plus d'efficacité. Par ailleurs, dans la précipitation, certains candidats passent à côté d'informations importantes ou font des contre-sens très préjudiciables à l'élaboration de protocoles pertinents. L'analyse des données fournies est également très importante. En chimie, elle permet d'identifier la réactivité des espèces chimiques étudiées (acides, bases, oxydants, réducteurs...) et les grandeurs physico-chimiques qui les caractérisent ( $E^\circ$ ,  $pK_a$ ,  $pK_s$ ) donc de prévoir ou de comprendre les protocoles.

Dans chaque sujet, figurent deux ou trois appels à l'examineur, pendant lesquels les candidats doivent faire une brève synthèse orale de leurs réflexions et de leurs travaux et répondre aux éventuelles questions posées dans le sujet. Le jury recommande par ailleurs une rédaction écrite et raisonnée pour préparer des échanges efficaces. Les candidats doivent prendre l'initiative de solliciter l'examineur lors des différents appels.

Le jury attend que les candidats préparent ces appels :

- l'argumentation doit être organisée de façon claire et logique et s'appuyer sur un vocabulaire adapté (les appareils clairement identifiés, la verrerie correctement nommée...);
- si la réponse s'appuie sur une équation, un calcul, un schéma, il faut que le support écrit soit clair et lisible.

Suivant le cas, un protocole est fourni à l'issue de l'appel, que la proposition faite par le candidat soit correcte ou non. Les candidats doivent mettre en œuvre le protocole distribué (même s'il ne correspond pas à celui qu'ils ont proposé) car il prend en compte les contraintes de matériel, de cinétique et de sécurité. Le jury recommande aux candidats de bien le lire afin d'éviter des erreurs de manipulation ou de choix de solutions à utiliser qui peuvent présenter un risque chimique mais également une consommation excessive des solutions.

Par ailleurs, les candidats doivent faire la différence entre un test qualitatif et une mesure précise de manière à ne pas perdre de temps car de nombreux candidats n'ont pas le temps d'effectuer le dernier appel, ou sinon dans de mauvaises conditions.

Dans le compte-rendu demandé en fin d'épreuve, les candidats doivent répondre aux questions posées. Pour les TP de chimie, il est inutile de reporter dans le compte-rendu les échanges oraux car ces derniers ont déjà été évalués.



### **Interaction avec l'examineur**

Les candidats sont dans leur très grande majorité courtois. Il est important que les candidats comprennent que les remarques et les propositions formulées par le jury ont pour objectif de les aider. Les candidats doivent donc y être attentifs et en tenir compte.

Il est dommage qu'un nombre croissant de candidats attribue les résultats expérimentaux erronés à des dysfonctionnements présumés du matériel et ont des difficultés à prendre en compte les indications apportées par l'examineur pour les aider à corriger leur protocole expérimental (par exemple lors de mesures automatiques en AC+DC mal comprises).

### **Sécurité**

Lors d'une manipulation de chimie, le jury attend un emploi raisonnable des gants. Les données de sécurité des substances chimiques engagées dans les manipulations sont indiquées dans le sujet. Il revient aux candidats d'en prendre connaissance et de juger la pertinence ou non de porter des gants. Mais garder des gants en permanence est source de danger puisque cela revient à répandre partout les substances dont il faut se protéger. Ainsi, le port des gants est nécessaire pour prélever des réactifs corrosifs ou toxiques mais le jury conseille aux candidats de les retirer après le prélèvement et de les jeter. Si besoin, une autre paire de gants peut être fournie.

Le port des lunettes ou sur-lunettes est obligatoire pendant toute la durée des manipulations.

### **Aspects pratiques en TP de physique**

De manière générale, le jury constate une grande disparité dans les compétences expérimentales des candidats. Certains manipulent avec une relative aisance en utilisant le matériel adéquat. Les maladroites des autres témoignent d'un manque de préparation. Beaucoup de candidats se contentent d'observations passives de phénomènes qu'ils n'ont pas l'idée de caractériser en faisant des mesures : par exemple, le candidat « voit » une sinusoïde, mais n'a pas l'idée d'en mesurer l'amplitude ni la fréquence. De manière générale, un nombre non négligeable de candidats de cette filière donne l'impression d'avoir insuffisamment manipulé du matériel expérimental au cours de l'année.

Très peu de candidats prennent le temps à la fin de l'épreuve pour faire la synthèse et une conclusion de l'épreuve. Quelques candidats attendent la fin de l'épreuve (15 min avant la fin) pour rédiger le compte-rendu, alors qu'ils devraient le rédiger tout le long de l'épreuve au lieu de consacrer la fin de l'épreuve pour faire la synthèse et la conclusion.

### **S'approprier**

L'oscilloscope numérique est souvent employé comme instrument capable de tout mesurer (à la place du voltmètre par exemple). Nombre de candidats en attendent des fonctions évoluées (calcul de valeur crête, de valeur moyenne...) mais manquent d'esprit critique quant aux résultats obtenus (par exemple dans le cas d'échelles horizontales ou verticales inadaptées, de valeurs relevées en position AC ou DC). Un mauvais choix de fonctions par certains candidats (maximum ou tension crête-à-crête au lieu d'amplitude, retard au lieu de phase...) rend les mesures moins précises ou moins faciles à effectuer. Beaucoup de candidats ont des difficultés pour la mesure de déphasages (notamment sur le signe) et ne pensent pas toujours à utiliser les marqueurs temporels lorsque l'oscilloscope ne fournit pas une mesure du déphasage. Enfin certains candidats font confiance à la fonction « mesure » alors même que le signal est à peine visible à l'écran.

Pour le multimètre et l'oscilloscope, on relève toujours des erreurs de choix entre les positions AC, DC et AC+DC, de branchement (problèmes de masse, ampèremètre en parallèle, voltmètre en série...) et de compréhension de la notion de calibre. La notion de valeur efficace n'est maîtrisée que par la moitié des candidats. La notion de phase est quant à elle de mieux en mieux connue.

Certaines **mesures** sont réalisées avec du matériel non adéquat. Par exemple, des tensions continues (provenant d'une alimentation stabilisée) mesurées à l'aide d'un oscilloscope au lieu d'un voltmètre en mode DC. Certains candidats essaient de mesurer un courant directement à l'oscilloscope. Parmi les candidats qui décident d'utiliser une résistance pour effectuer cette mesure à l'oscilloscope (via une mesure de différence de potentiel), la plupart ne sait pas justifier le choix de la valeur de la résistance.

En optique, le titre du sujet contient souvent des informations capitales : pourquoi s'acharner à parler de prisme quand l'objet du sujet est un réseau ? Pourquoi faire des calculs de minimum de déviation sur un prisme quand cette notion est hors programme et que la situation expérimentale montre clairement que le prisme ne travaille pas au minimum de déviation ? Pourquoi faire des calculs quand le sujet ne demande que des mesures et donne les formules à utiliser ?

Concernant le matériel utilisé en optique, trop de candidats ne savent pas reconnaître une lentille divergente d'une lentille convergente. Les termes utilisés sont souvent approximatifs et il y a souvent confusion entre les différents instruments (lunette, viseur, collimateur...). Certains instruments mentionnés dans le sujet voient leur orthographe traumatisée dans les comptes-rendus, révélant un cruel manque de culture chez certains candidats (l'oculaire devient *l'oriculaire* ou *l'occulaire* selon les cas...).

### Comprendre

Les candidats ne savent que très rarement faire le lien entre les régimes temporels et fréquentiels et ne connaissent pas les équivalents d'un régime à l'autre.

Une confusion entre courant alternatif et continu et des erreurs de branchement de câbles coaxiaux ont parfois été constatées.

En optique, le jury note une nette régression dans les connaissances sur les tracés de rayons à travers les systèmes optiques à lentilles. Rappelons qu'un tracé de rayons suit un raisonnement et reflète une réalité expérimentale. Beaucoup (plus de 50 % !) de candidats font des observations correctes mais ne font pas les tracés de rayons demandés (avouant à l'examinateur que « le tracé de rayons n'est pas leur point fort »), ou font un tracé de rayons qui ne reflètent pas la réalité observée ou la situation expérimentale (quel peut bien être le signe de la focale de l'oculaire ? que veut dire « voir à l'infini » ?). Cette déconnexion totale entre la réalité expérimentale et la compréhension des phénomènes est inquiétante. Elle est très pénalisante pour les candidats.

En interférométrie, il manque souvent la compréhension physique des phénomènes observés, en particulier la relation entre l'observation (niveau lumineux) et la différence de marche, ainsi que la différence entre forme des franges (rectilignes, circulaires ou autres) et leur interprétation physique (égale épaisseur ou égale inclinaison). Plus généralement, certains candidats n'ont pas acquis les bases théoriques indispensables à la compréhension de certains sujets d'optique. Sur le goniomètre, par exemple, peu de candidats comprennent le protocole de réglage ou font correctement le lien entre les angles lus sur le cercle gradué et les angles incidents et réfractés ou diffractés par un réseau. La conjugaison infini foyer pour un point objet hors d'axe n'est pas toujours maîtrisée. Idem pour la notion de mise au point à l'infini.

### Réaliser

Il est à regretter qu'il faille en moyenne 50 minutes aux candidats pour simplement générer un signal sur un GBF et le mesurer pour vérification, là où les candidats les plus à l'aise mettent 10 minutes.

Malgré les notices simplifiées fournies aux candidats pour les oscilloscopes, beaucoup d'entre eux font des erreurs de mesure en raison d'une mauvaise configuration. Le bouton de configuration automatique des oscilloscopes (« autoset ») est à utiliser avec une grande précaution car il modifie de nombreux paramètres.

On note toujours également des erreurs de masse (non-raccordement ou raccordement en deux endroits différents, entrée non branchée à la masse, le candidat pensant que c'est équivalent à appliquer un potentiel de 0 V), la non-vérification du fonctionnement linéaire d'un montage (choix de signaux d'amplitude

inadaptée), la confusion entre fréquence et pulsation, entre tension crête et tension crête-à-crête. Le code couleur pour les câblages en électronique est mal maîtrisé, ce qui conduit les candidats à commettre de nombreuses confusions. Les notions de masse et de terre (terre des générateurs basse fréquence et des oscilloscopes par comparaison avec la masse flottante des multimètres et des alimentations continues) sont très mal maîtrisées.

L'étude de la fonction de transfert d'une boîte noire avec deux bornes marquées « entrée » et deux bornes marquées « sortie » pose souvent des problèmes de branchement (par exemple le générateur de fréquence est branché à la fois sur l'entrée et la sortie pour tenter de fermer le circuit). Les résistances internes des composants ne sont quasiment jamais prises en compte dans l'estimation des sources de pertes dans un circuit.

Certains candidats rencontrent des difficultés pour effectuer des tracés (échelle non présente, choix de l'échelle non adaptée). Beaucoup ne savent pas relever puis exploiter un tracé fréquentiel (identifier un gain statique ou une fréquence de coupure, calculer une pente en échelle logarithmique). Plusieurs candidats utilisent l'asymptote en hautes fréquences du tracé fréquentiel d'un filtre passe-bas, pour identifier sa constante de temps alors que c'est moins précis que l'intersection des asymptotes ou l'utilisation de la fréquence de coupure.

Lors de l'étude de systèmes en électronique (filtres par exemple), il est fortement conseillé aux candidats de **visualiser à la fois les signaux d'entrée et de sortie**, afin de s'assurer du bon fonctionnement de la maquette ou de leur montage. Cela permet notamment de vérifier la linéarité du montage (pas de saturation de la sortie, fréquences des signaux d'entrée et de sortie identiques).

Le choix de la base de temps, sur des oscilloscopes numériques, est souvent mal maîtrisé.

La détermination du comportement fréquentiel des systèmes est parfois mal maîtrisée. Pour tracer un diagramme de Bode (comportement fréquentiel), il est important que le signal d'entrée soit un signal sinusoïdal et de vérifier que ce signal reste sinusoïdal et de même fréquence en sortie (on se limite à l'étude de systèmes linéaires). Certains candidats ne semblent pas en connaître la raison.

La notion de bande-passante est mal maîtrisée. Pour un filtre passe-bas, par exemple, la bande-passante va de 0 à la fréquence de coupure identifiée à  $-3$  dB par rapport au gain en basse fréquence, et non depuis la borne moins l'infini.

Le gain en décibels d'un système linéaire correspond au logarithme du module de la fonction de transfert (ou du rapport de l'amplitude du signal de sortie sur l'amplitude du signal d'entrée) multiplié par 20.

La détermination de la fréquence de coupure à  $-3$  dB est souvent mal interprétée par les candidats. Il s'agit de la fréquence telle que le gain en décibels (défini précédemment) vaut le gain en décibels dans la bande-passante diminuée de 3 dB. En amplitude, il s'agit de trouver la fréquence telle que le gain (rapport de l'amplitude du signal de sortie sur l'amplitude du signal d'entrée) a été diminué d'un facteur racine de deux par rapport au gain dans la bande-passante.

La différence entre la bande-passante et la fréquence caractéristique d'un filtre quelconque (en particulier du second ordre) n'est pas claire.

En optique, il ne faut pas toucher les optiques avec les doigts, et ne pas écrire au stylo sur les optiques ! Par ailleurs, les réglages et alignements sont trop souvent grossiers, les candidats se satisfaisant de voir un vague signal lumineux quand bien même il leur est demandé de réaliser un alignement soigneux. Le retour sur investissement en temps passé à réaliser des alignements soigneux est pourtant évident : il autorise des mesures avec des biais et des incertitudes réduits. L'examinateur est d'ailleurs très sensible à la qualité des réglages et mesures effectués.

## Analyser

Le passage de l'**analyse temporelle à l'analyse fréquentielle** (spectre des signaux classiques) est mal maîtrisé : certaines candidates et certains candidats ont du mal à comprendre l'intérêt du filtrage et leurs conséquences sur des signaux « simples » (triangle, carré, sinus). Les filtres ne sont décrits que selon les concepts d'intégrateur ou de dérivateur. Le fait que certaines composantes peuvent être coupées par un filtre et pas d'autres ne semble pas être perçu par certains candidats.

Les **signaux** en sortie d'un système linéaire (type filtre) ont du mal à être interprétés par les candidats, **à partir du diagramme de Bode du système**.

Les **signaux numériques**, caractérisés par des paliers de tension, sont parfois interprétés comme du bruit. La **période d'échantillonnage** n'est pas systématiquement mesurée. De même que le **critère de Nyquist-Shannon** n'est pas systématiquement mentionné comme contrainte forte des systèmes échantillonnés par les candidats lorsqu'ils sont confrontés à des signaux numériques.

En optique, les schémas représentant les observations faites sont appréciées mais trop rares. Un schéma en dit souvent plus long qu'un texte.

## Communiquer

### À l'oral

Lors de l'appel aux examinateurs, les candidats :

- se contentent souvent de répondre aux questions du sujet sans introduction préalable du **contexte** ;
- ne présentent pas le **protocole détaillé** utilisé, ni sa pertinence lorsqu'ils ont le choix ;
- ne s'appuient pas sur des **signaux ou diagrammes pertinents** pour présenter le problème.

En optique, il est apprécié, lors d'un appel, que le candidat dise à l'examinateur d'emblée pourquoi il l'appelle : est-ce pour lui présenter ses résultats, et si oui à quel endroit du sujet ; et sinon pourquoi ?

### À l'écrit

La plupart des comptes-rendus ne comportent **pas d'introduction** rappelant les objectifs du TP et montrant que le candidat s'est approprié le sujet, **ni de conclusion** montrant que les objectifs ont été atteints (même partiellement).

Les courbes présentées (signaux, diagrammes de Bode...) doivent être **systématiquement légendées**, les **axes gradués** et avec le **nom et l'unité des grandeurs physiques** qu'ils représentent.

En optique, introduction et conclusion ne sont pas attendues mais sont appréciées ; elles doivent de toute façon être courtes. Plus important : il faut écrire lisiblement et souligner ou encadrer les résultats et réponses aux questions. Les tableaux de mesures et graphes sont appréciés.

## Aspects pratiques en TP de chimie

Environ 14 % des admissibles au concours ont réalisé une épreuve de travaux pratiques portant sur la chimie. Le jury souhaite donner quelques conseils spécifiques aux candidats pour que ceux-ci puissent réaliser au mieux dans le temps imparti les différentes manipulations proposées.

Les sujets de chimie portent sur le programme des deux années. Les futurs candidats doivent ainsi s'attendre à réaliser des manipulations concernant un grand nombre de thématiques, par exemple :

- chimie analytique (réalisation de titrage ou de dosage par étalonnage, études de transformation acido-basique ou d'oxydoréduction, précipitation) ;
- cinétique chimique (détermination d'ordre, d'énergie d'activation) ;

- thermochimie (détermination d'enthalpie ou d'entropie de réaction) ;
- électrochimie (électrolyses, piles, tracé de courbes courant-potentiel).

Les techniques et mesures mises en œuvre sont également variées (calorimétrie, potentiométrie, pH-métrie, spectrophotométrie, modélisation ou traitement de données au moyen de scripts Python, ...).

### Choix de la verrerie

Le jury note que certains candidats ne savent pas nommer correctement la verrerie et qu'une utilisation adaptée de la verrerie est nécessaire en chimie. Le jury attend donc que les candidats sachent qu'un prélèvement précis nécessite une pipette jaugée et non une éprouvette, que l'on prépare une solution dans une fiole jaugée et non dans un bécher ou une éprouvette. Le jury rappelle que les graduations d'un bécher ne peuvent servir de mesure lors du prélèvement d'une solution.

Par ailleurs le remplissage d'une burette graduée peut s'effectuer grâce à un bécher ou un flacon mais certainement pas à l'aide d'une pipette jaugée. De nombreux candidats ajustent le zéro de la burette sans ouvrir le robinet ou oublient de vérifier l'absence de bulle dans le bas de la burette graduée avant de faire le zéro. De plus le jury rappelle qu'il est préférable de vider la burette graduée à partir de la valeur zéro plutôt que d'une autre valeur afin d'éviter des erreurs.

Dans certains sujets, la précision du prélèvement est explicitement annoncée. Dans d'autres sujets, c'est aux candidats de choisir la verrerie avec discernement. Ainsi, pour acidifier par exemple une solution, rincer un solide, ajouter un réactif en excès, une éprouvette graduée suffit alors que pour prélever la solution que l'on veut titrer, l'utilisation d'une verrerie jaugée adaptée s'impose. Aussi, le jury recommande aux candidats de prendre le temps de réfléchir au choix de la verrerie. Cette réflexion est valorisée. Par défaut et dans le doute, les candidats préfèrent souvent recourir à la verrerie de précision. Mais ils perdent en général un temps précieux : d'une part parce que mesurer un volume à l'aide d'une pipette jaugée prend plus de temps qu'avec une éprouvette graduée, d'autre part parce que la verrerie à disposition n'étant pas en nombre infini, il leur faut procéder à des étapes de lavage très chronophages. De plus, le jury sanctionne l'utilisation d'une verrerie trop précise, signe d'une mauvaise compréhension du rôle de l'espèce chimique ainsi introduite. L'utilisation de burette comme instrument de mesure de volumes précis (à 0,1 mL près environ) est rarement envisagée par les candidats. Elle est pourtant recommandée lorsqu'on souhaite préparer plusieurs solutions étalons ou plusieurs mélanges de compositions différentes pour une étude d'ordre en cinétique par exemple.

### Réalisation de solutions

Le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- de préparer avec précision une solution par dissolution d'un solide en utilisant une balance de précision, une fiole jaugée et en récupérant de façon quantitative le solide. Le terme transvasement quantitatif est source d'incompréhension. Le jury rappelle aux candidats qu'un transvasement quantitatif consiste à verser la totalité du prélèvement en rinçant la coupelle ou le contenant avec le solvant. Cette année encore, beaucoup de candidats ont réalisé les dissolutions en utilisant des béchers au lieu de fioles jaugées. Par ailleurs, le jury regrette encore l'absence d'homogénéisation (aussi bien quand la fiole jaugée n'est remplie qu'aux deux-tiers qu'en fin de réalisation) si bien que dans certaines solutions préparées, il reste encore du solide au fond de la fiole jaugée. Retourner cinq fois une fiole bouchée permet souvent une excellente homogénéisation. Le jury note enfin que la masse réellement pesée plus ou moins proche de la masse demandée n'est généralement pas utilisée dans l'exploitation des manipulations par le candidat.
- de réaliser une dilution précise en utilisant pipette jaugée et fiole jaugée. Là encore, l'homogénéisation est souvent défectueuse induisant un gradient de concentration qui peut poser problème lors

de l'utilisation des solutions. De même, trop souvent, on a pu regretter l'utilisation de béchers ou d'éprouvettes.

### Titration

Il convient dans un premier temps de réfléchir à la transformation chimique attendue ou observée, par un bilan des espèces introduites dans le milieu réactionnel. Le jury note que la dissolution d'un solide ionique qui s'accompagne évidemment de l'introduction d'espèces chimiques ioniques spectatrices, troublent encore trop de candidats. Puis, à partir des données fournies, l'élaboration de diagrammes de prédominance ou échelle d'oxydo-réduction doit conduire à l'écriture de l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en œuvre pour le titrage. Enfin il convient de s'assurer que la transformation est quantitative (ce terme n'est d'ailleurs pas toujours compris par les candidats). Le jury note de réelles difficultés à déterminer la constante thermodynamique d'équilibre à partir des grandeurs thermodynamiques ( $pK_a$  ou potentiels standard) pour des réactions acide-base ou d'oxydoréduction. Les candidats confondent fréquemment quotient de réaction et constante thermodynamique d'équilibre et regrettent de ne pouvoir déterminer la valeur de la constante thermodynamique d'équilibre à partir de l'expression du quotient de réaction. Le jury encourage donc les futurs candidats à mémoriser ou à savoir retrouver rapidement les expressions des constantes thermodynamiques d'équilibre.

Dans un second temps, les candidats doivent chercher une méthode de détermination de l'équivalence. Puis, lors de l'élaboration d'un protocole, il convient d'écrire la relation à l'équivalence, de supposer un volume équivalent cohérent ; les candidats pourront ainsi en déduire la nécessité ou non de diluer la solution titrée et de choisir le volume du prélèvement adapté.

Cette année, le jury a constaté qu'outre l'erreur fréquente qui consiste à « oublier » les nombres stœchiométriques, certains candidats confondent équivalence et état d'équilibre. Il rappelle que l'équivalence est une situation particulière atteinte lors d'un titrage lorsque les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques. La traduction « à l'équivalence  $Q_r = K^\circ$  » n'est pas correcte. Les candidats qui cherchent à déterminer la relation entre les quantités introduites à l'équivalence en s'appuyant sur un tableau d'avancement parviennent rarement à leur fin. Il est bien plus efficace, pour le titrage d'une espèce  $A$  par une espèce  $B$  s'appuyant sur la réaction support de titrage du type  $aA + bB = \text{produits}$  d'écrire qu'à l'équivalence :

$$\frac{n_A(\text{introduit})}{a} = \frac{n_B(\text{versé})}{b}.$$

Par ailleurs, les différentes techniques de suivi d'un titrage ne sont pas toutes connues ou maîtrisées. Le suivi par potentiométrie est ainsi rarement proposé. Trop de candidats ne connaissent pas les spécificités liées à chaque méthode. Ainsi, le jury a trop souvent vu des candidats resserrer les points lors d'un titrage suivi par conductimétrie puis arrêter les mesures juste après la rupture de pente. À l'inverse, un grand nombre de candidats ne cherche pas à resserrer les mesures à l'approche de l'équivalence d'un titrage suivi par pH-métrie ou potentiométrie. Par ailleurs, le jury constate une confusion entre la nature du suivi du dosage et la méthode de détermination de l'équivalence. Il s'étonne que nombre de candidats réalisent des suivis par méthode physique sans jamais relever les valeurs expérimentales. Cela les oblige à réitérer le dosage si leur gestion du temps le permet.

Lors d'un titrage suivi par potentiométrie, les candidats doivent attendre dans ce dernier cas un saut de potentiel à l'équivalence et doivent être capables de prévoir une augmentation ou une diminution du potentiel au cours du titrage suivant que le réactif titrant joue le rôle d'oxydant ou de réducteur.

Lors d'un titrage suivi par colorimétrie, au moins deux essais sont nécessaires. Un premier titrage rapide permet de déterminer un encadrement du volume équivalent, un second titrage déterminera à la goutte près le volume équivalent. Il ne s'agit pas d'un problème de temps car de nombreux candidats finissent les manipulations bien avant l'horaire. Le jury rappelle par ailleurs que la détermination de l'équivalence ne

peut être faite qu'en regardant le changement de couleur de la solution dans l'erlenmeyer et non le volume lu sur la burette. Par ailleurs, les candidats considèrent fréquemment qu'un titrage suivi par colorimétrie nécessite l'utilisation d'un indicateur coloré. Le jury rappelle que lorsque l'espèce titrante ou l'espèce à titrer est la seule espèce colorée, l'apparition ou la disparition de la couleur permet de repérer aisément l'équivalence.

Lors d'un titrage suivi par pH-métrie, conductimétrie ou potentiométrie, l'utilisation d'un tableur (Regressi, Latis-pro, Excel, Libre-office Calc) est recommandée. Cependant, les candidats, qui utilisent les tableurs, entrent leurs mesures directement mais ne pensent pas (ou ne savent pas) afficher les courbes au fur et à mesure. Le jury recommande vivement de tracer la courbe de façon simultanée à la prise de valeur ce qui permet aux candidats de resserrer les points si nécessaire et de déterminer l'équivalence avec précision. De plus, certains candidats sont si peu à l'aise avec le logiciel choisi qu'ils ne savent pas l'utiliser pour déterminer le volume versé à l'équivalence à partir de la courbe tracée.

Les spécificités des titrages de mélanges d'acide, de mélanges de bases, de polyacides ou de polybases sont souvent méconnues : il est important de savoir prévoir à partir des données de  $pK_a$  si les réactions envisagées sont simultanées ou successives puis d'utiliser des relations à l'équivalence cohérentes.

Un logiciel de simulation (dozzaqueux) est mis à disposition pour aider les candidats qui ne parviendraient pas à prévoir l'évolution du pH lors d'un titrage acido-basique.

Le jury recommande également aux candidats d'observer la courbe obtenue expérimentalement pour valider ou infirmer la prévision exposée pendant l'appel quant à l'aspect successif ou simultané de deux titrages.

### **Spectrophotométrie**

La loi de Beer Lambert est globalement connue des candidats mais la notion de blanc n'est pas acquise, le blanc n'est pas forcément réalisé avec de l'eau. Le jury rappelle aux candidats que l'absorbance d'une solution dépend de l'ensemble des espèces chimiques présentes dans cette solution c'est-à-dire le soluté, le solvant et même la cuve. Avant toute mesure, on doit donc s'affranchir de la part de l'absorbance due au solvant et à la cuve. On procède donc à un étalonnage qui consiste à placer dans le spectrophotomètre une cuve contenant le solvant seul et on règle ensuite le spectrophotomètre pour qu'il indique alors une absorbance nulle. Par ailleurs, le jury recommande l'utilisation d'une unique cuve. Celle-ci doit être rincée avec la solution dont on mesure l'absorbance. Enfin, une mauvaise homogénéisation des solutions induit de mauvais résultats expérimentaux. L'intérêt de travailler au maximum d'absorbance n'est pas réfléchi non plus, le candidat ne pouvant se contenter d'indiquer une meilleure précision des mesures sans justifier cette affirmation.

### **Calorimétrie**

Cette année encore, les mesures de calorimétrie ont posé de gros problèmes aux candidats. La capacité thermique du calorimètre est une grandeur qui n'est pas connue par un grand nombre de candidats. La méthode des mélanges permettant de mesurer cette grandeur est non maîtrisée et sa mise en pratique s'avère délicate. Le jury rappelle que les masses d'eau introduites dans le calorimètre doivent être connues avec précision. Il est par exemple possible de verser un volume d'eau correspondant approximativement à la masse d'eau souhaitée dans un bécher, de peser le bécher plein, de verser l'eau dans le calorimètre puis de peser le bécher vide pour connaître par différence la masse d'eau introduite.

Les mesures de température peuvent être réalisées, selon les sujets proposés, avec un thermocouple relié à un dispositif d'acquisition permettant de réaliser un suivi temporel de la température ou avec un thermomètre à affichage numérique.

## Oxydoréduction

L'utilisation des diagrammes E-pH est globalement bien comprise. Toutefois des erreurs subsistent notamment sur le diagramme potentiel-pH de l'eau où les domaines de prédominance de  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$  et  $\text{O}_2$  sont mal déterminés.

L'établissement des équations de réaction d'oxydoréduction pose problème. Le jury conseille d'établir les demi-équations électroniques avant d'écrire l'équation de la réaction.

## Exploitation des résultats

Des résultats expérimentaux incohérents ne semblent pas perturber certains candidats. Or la mise en œuvre d'une expérience est l'occasion pour les membres du jury d'évaluer la capacité des candidats à adopter une démarche critique et réflexive sur le contenu, les conditions opératoires et la nature des opérations d'un protocole donné. Il est ainsi nécessaire que les candidats vérifient la pertinence des résultats obtenus (comparaison à des références, informations tirées de la littérature...) et réfléchissent aux sources d'incertitudes. Malheureusement peu de candidats utilisent les arguments liés à la variabilité de la mesure, ou encore les évaluations de type A et de type B des incertitudes, pour interpréter et valider leurs résultats expérimentaux. Le nouvel esprit lié à cette notion d'incertitude de mesure est une priorité dans la réforme du baccalauréat 2021. Ce cadre d'évaluation des incertitudes tâche d'éviter toute dérive calculatoire au profit d'une prise de recul vis-à-vis des mesures effectuées. Ainsi, les candidats pourraient enrichir leur compétence « Valider » de la démarche scientifique décrite dans les programmes de lycée, CPGE et STS. Dans les nouveaux programmes de CPGE, des outils de validation pertinents ont été introduits comme l'écart normalisé (ou z-score) à la place de l'écart relatif, les simulations Monte-Carlo ou l'utilisation d'une procédure de validation fondée sur la régression linéaire. Les candidats pourront consulter avec intérêt la ressource « Mesure et incertitudes au lycée » <https://eduscol.education.fr/document/7067/download>, publiées sur Eduscol le 5 juillet 2021, à propos du traitement des incertitudes au lycée.

Certaines courbes manquent de définition d'échelle ou utilisent des échelles inadaptées. On relève aussi parfois une erreur sur l'unité choisie (pourtant précisée dans l'énoncé) qui implique une déviation importante sur les résultats (passage de degrés Celsius en Kelvin, par exemple).

Certains candidats dressent un graphique rudimentaire et peu précis sur le compte-rendu. Par exemple, il est vraiment inacceptable de lire un volume versé à l'équivalence sur une feuille de copie avec une abscisse non précisée et mal graduée. Un graphique doit présenter un titre et les axes doivent être annotés.

Dans l'ensemble, la plupart des candidats maîtrisent correctement le tracé expérimental de diagrammes de Bode ainsi que l'analyse de ces diagrammes mais trop de candidats annoncent comme « asymptote à  $-20$  dB/décade » une droite de pente différente, qu'ils ont tracée en se contentant de « coller » au mieux aux points de mesure.

Dans d'autres cas, les candidats ne pensent pas toujours à essayer de se ramener au tracé d'une droite pour tester une loi physique. Inversement, de nombreux candidats essaient de faire passer une droite par des points qui n'ont pas de raison particulière d'être alignés. Dire qu'une courbe est une droite après avoir placé seulement trois points n'est pas très rigoureux et il convient de placer tous les points mesurés avant de conclure. Par ailleurs, toute courbe qui n'est pas linéaire n'est pas une « courbe exponentielle ». Le jury rappelle l'importance d'effectuer une linéarisation des données expérimentales selon un modèle qui doit être validé ensuite. Que les logiciels permettent d'autres ajustements n'est pas une justification de leur utilisation. Seule la régression linéaire permet de donner un poids identique aux différentes mesures effectuées et de valider correctement visuellement la répartition aléatoire des points expérimentaux autour de la droite de régression.

De manière générale, une mesure ou constatation expérimentale devrait se traduire dans le compte-rendu par un tableau ou une courbe.



## **Compétence « communiquer »**

### **À l'oral**

L'épreuve comporte une part de communication orale et la capacité des candidats à exposer clairement leur démarche est largement évaluée. Les candidats sont invités à appuyer leur raisonnement sur un schéma clair ou un calcul effectué proprement au brouillon. On attend un langage précis, une expression claire. Le jury recommande aux candidats de limiter l'expression « du coup » qui est trop souvent utilisée.

Par ailleurs, les candidats confondent les verbes « mesurer » et « calculer ». Une grandeur obtenue par la mesure de grandeurs expérimentales est une mesure. Lorsque l'on détermine une grandeur à partir de grandeurs tabulées, la grandeur obtenue est une grandeur calculée.

Les échanges avec l'examineur sont aussi l'occasion d'orienter les candidats qui se sont parfois trompés. Le jury évalue favorablement ceux d'entre eux qui écoutent et mettent en pratique les conseils prodigués. Comme indiqué précédemment, le jury recommande aux candidats d'interagir avec l'examineur, de l'appeler en cas de difficultés ou de doute.

### **À l'écrit**

Un compte-rendu succinct est attendu. Dans ce compte-rendu, les candidats doivent faire figurer les réponses aux questions posées dans le sujet. Toutefois, il n'est pas nécessaire de présenter le détail des protocoles qui ont été précédemment abordés à l'oral car ils ont déjà été évalués. Les observations ou remarques pertinentes des candidats qui n'auraient pas été discutées avec l'examineur sont cependant appréciées. Enfin, les candidats doivent s'efforcer de rédiger leur compte-rendu en utilisant un vocabulaire rigoureux, une syntaxe correcte et une calligraphie lisible. Les résultats doivent être soulignés ou encadrés. Les explications doivent être concises et répondre aux questions posées. En physique, les tableaux de mesures trop rares alors qu'ils sont très appréciés. En fait, trop de candidats se satisfont d'une seule mesure. L'épreuve est certes en temps limité, mais répéter une mesure est utile pour comprendre quels effets peuvent intervenir dans l'évaluation de l'incertitude associée à la mesure. Le jury recommande aux futurs candidats ne pas négliger la rédaction du compte-rendu. Il a été noté que la qualité des comptes-rendus s'est globalement dégradée ces dernières années.

En TP de physique, dans certains sujets, une part non négligeable du travail, qui peut compter jusqu'à un tiers de la note finale, est à faire après le dernier appel et n'est donc évalué qu'à l'écrit.

## **Conclusion**

Cette épreuve requiert de la part des candidats des efforts d'appropriation du sujet et d'analyse. Après avoir réalisé les manipulations, il convient d'en exploiter les résultats expérimentaux et d'avoir une attitude critique vis-à-vis des résultats obtenus.

Ce rapport pointe principalement les erreurs et l'absence de maîtrise de capacités techniques et compétences expérimentales observées chez les candidats mais le jury n'en oublie pas moins les qualités de beaucoup d'entre eux. Les qualités évaluées par cette épreuve sont complémentaires de celles de l'oral et permettent à des candidats d'obtenir de très bonnes notes en ayant travaillé intelligemment et régulièrement lors des séances de travaux pratiques des deux années de préparation.

# Sciences industrielles de l'ingénieur

Pour cette session 2022, le jury de S2I remercie l'ensemble des candidats qui ont su être compréhensifs dans un contexte pandémique qui perdure encore.

## Présentation du sujet

Au cours de cette épreuve orale d'une durée de quatre heures, le jury évalue les capacités des candidats à mener une démarche globale en vue d'appréhender une problématique issue d'un système industriel et de faire preuve des capacités, d'une part d'abstraction, indispensables pour comprendre les modèles manipulés, et, d'autre part, expérimentales de façon à imaginer, puis conduire, des protocoles expérimentaux au regard d'objectifs définis à priori.

Les candidats sont évalués selon différentes compétences touchant à l'analyse formalisée des systèmes, aux différents niveaux de modélisation potentiels, à la formulation bien posée d'un problème faisant appel à la résolution numérique et à la conception de procédures numériques en vue de sa résolution, à la formulation de conclusions étayées et aux capacités de communication et de synthèse indispensables aux ingénieurs évoluant dans un contexte professionnel de plus en plus international.

L'ensemble des sujets est conçu de façon à aborder des aspects aussi bien méthodologiques qu'expérimentaux qui doivent mener les candidats à formuler des conclusions et à décider.

## Analyse globale des résultats

La session 2022 a permis d'évaluer 1 838 candidats. Le jury constate que la grande majorité connaît les attendus, l'organisation des sujets et la structuration de l'épreuve de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur. Les prestations réalisées montrent que les fondamentaux de sciences pour l'ingénieur sont bien présents dans les compétences des candidats.

Concernant les aspects expérimentaux, la majorité des candidats de la filière PSI montre de très bonnes capacités dans les champs explorés par l'épreuve de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur : dans la prise en main des supports contextualisant l'étude, dans la conception des procédures expérimentales en vue de valider (ou non) les modèles proposés / manipulés, dans la mise en œuvre des procédures conçues et dans l'exploitation des résultats obtenus, même si pour la session 2022 le jury note une moindre aisance sur les aspects expérimentaux se traduisant par une progression plus lente. Cette remarque doit être modérée car cet aspect peut être conjoncturel suite aux épisodes de confinement de ces deux dernières années. Ainsi, les prestations réalisées attirent les commentaires suivants :

- les besoins de modélisation et les différentes approches possibles (modèles de connaissance, de comportement, etc.) sont bien appréhendés et permettent ainsi aux candidats d'aboutir à un modèle en cohérence avec un objectif explicitement défini à priori ;
- la démarche de formulation d'un problème d'ingénieur sous forme algorithmique et sa résolution au moyen des méthodes et des outils du programme de CPGE semble bien intégrée dans la démarche des candidats.

En ce sens, cela montre la capacité des candidats à conceptualiser les problèmes d'ingénieur posés dans l'épreuve.

Enfin, la capacité à effectuer une **synthèse globale en temps limité** fait partie des compétences recherchées pour un ingénieur, et le jury a noté que pour la majorité des candidats les attendus de cette

partie de l'épreuve sont bien assimilés. Cette synthèse, tout comme les autres aspects de l'épreuve, peut être développée au moyen des conseils donnés dans la suite de ce rapport.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury rappelle aux candidats que les compétences spécifiques aux activités de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur ne peuvent s'acquérir que par un travail régulier durant les deux années de formation. Afin de faciliter la préparation de l'épreuve, le jury présente ci-dessous son organisation et les éléments d'évaluation, ainsi qu'un ensemble de commentaires, confirmant en partie certaines observations des sessions précédentes, au regard de l'analyse des prestations de la session 2022. Ainsi, le jury sensibilise les futurs candidats à la nécessité d'axer la préparation de l'épreuve selon l'angle de son organisation et de s'imprégner des attendus.

Les supports utilisés lors de la session 2022 étaient les suivants :

- boule gyrostabilisée double étage ;
- bras à retour d'effort ;
- bras asservi pour le contrôle de tubes de générateur de vapeur ;
- drone didactique ;
- hoverboard ;
- robot d'impression 3D ;
- nacelle gyrostabilisée ;
- robot à câbles ;
- robot caméraman PIXIO ;
- robot delta ;
- robot nettoyeur de vitres ;
- robot porte-endoscope pour chirurgie laparoscopique ;
- slider de caméra ;
- trieuse de pièces ;
- véhicule autonome Park-Lab.

## Éléments d'organisation et d'évaluation de l'épreuve

### Organisation de l'épreuve

L'organisation de cette épreuve, d'une durée de quatre heures, est décomposée en quatre parties de durées et d'objectifs différents :

1. appropriation du support, du contexte, mise en évidence de la problématique et des objectifs ;
2. activité de modélisation en autonomie encadrée ;
3. exploitation des modèles proposés ;
4. évaluation de solutions et synthèse globale.

**La première partie** est conçue pour une durée d'environ quarante cinq minutes. L'ensemble des activités amène les candidats à montrer leur capacité à s'imprégner du contexte de l'étude, s'approprier le support matériel fourni, analyser un système complexe, vérifier un ensemble d'exigences attendues du système

industriel associé, comprendre la problématique et les objectifs de l'étude. Pour cela, les activités de cette partie sont conçues de façon à permettre aux candidats :

- de s'approprier et de présenter le support, de dégager son organisation structurelle sous forme de chaînes fonctionnelles d'information et/ou d'énergie, etc. ;
- d'évaluer et analyser l'écart éventuel entre un niveau de performances attendu et un niveau de performances mesuré (ou simulé) ;
- et de s'approprier la problématique retenue pour la suite de l'étude.

Pour les chaînes d'énergie et d'information, les candidats doivent être capables :

- de préciser les fonctions constitutives, de localiser sur le système les différents constituants associés et de décrire leur principe de fonctionnement (par exemple les capteurs les plus classiques) ;
- de présenter la structure des capteurs et leur principe de fonctionnement, de préciser le type de signal de sortie, ses propriétés, etc.).

**La deuxième partie**, d'une durée de 60 minutes maximum, est conçue autour d'une activité de modélisation et réalisée en autonomie encadrée. Elle permet aux candidats de montrer leur capacité à prendre des initiatives, à formuler et justifier des hypothèses, à progresser en autonomie et à critiquer leurs résultats. La démarche proposée est évaluée et les examinateurs interviennent en fournissant des informations en vue de faciliter, ou de débloquer si besoin leur progression.

La construction de cette partie a comme objectif d'élaborer et/ou de compléter un modèle qui sera exploité dans la suite de l'étude. Par exemple :

- développer un modèle potentiellement multi-physique de niveau adapté aux objectifs de l'étude tout en restant réalisable durant le temps imparti
  - mise en équation d'un modèle de complexité raisonnable pour les candidats (des éléments sont fournis afin de les aider), en formulant des hypothèses clairement énoncées et justifiées, pour définir la forme du modèle qui fera l'objet d'une identification/validation ultérieure ;
  - identification d'un modèle de comportement au regard de réponses expérimentales ;
- développer et mettre en œuvre l'identification expérimentale d'un modèle fourni ;
- enrichir et/ou raffiner un modèle donné en ajoutant des éléments fonctionnels complémentaires (capteurs, actionneurs, etc.) ;
- etc.

Cette partie nécessite d'imaginer, de développer, de justifier et de réaliser des protocoles expérimentaux permettant d'identifier et de valider expérimentalement et/ou par simulation des paramètres d'un modèle et de les recalculer si besoin.

Dans tous les cas, toute mise en équation, lorsqu'elle est nécessaire, reste limitée à des relations simples, et les objectifs sont généralement de définir la forme du modèle qui sera identifié et / ou recalculé et de justifier rigoureusement les hypothèses ayant conduit à ce modèle ainsi que son domaine de validité.

Dans le cadre de ces activités, l'appel à des outils de modélisation causale et/ou acausale peut être nécessaire.

À noter que la démarche amenant à une solution au problème étudié est rarement unique. Ainsi, des démarches ou hypothèses différentes peuvent conduire à des solutions distinctes du problème abordé lors

de cette deuxième partie. Les examinateurs s'attachent à dissocier l'exactitude des valeurs, voire des équations, trouvées de la cohérence et de la pertinence de la démarche. Le jury évalue les capacités à prendre des initiatives, à formuler des hypothèses, à évoluer en autonomie, à critiquer les choix effectués, à justifier les solutions apportées aux problèmes rencontrés et enfin à aboutir à une démarche structurée menant à une solution.

Ainsi, de manière générale, cette partie entend valoriser le travail des candidats qui ont préparé spécifiquement l'épreuve de travaux pratiques durant toute l'année pour acquérir les compétences nécessaires à l'étude et la modélisation d'un système complexe de façon autonome.

**La troisième partie** est conçue pour amener les candidats à l'exploitation, entre autres, des modèles développés lors de la deuxième partie. Les éléments complémentaires seront fournis, si nécessaire, afin de permettre une progression dans la troisième partie indépendante de la partie précédente. Les activités proposées dans cette partie ont pour objectif global la prévision des performances et l'évolution du système en vue de satisfaire le besoin exprimé. Elle doit permettre :

- de valider et/ou recaler des modèles à partir d'essais expérimentaux et de résultats de simulations numériques des modèles élaborés ;
- d'enrichir un(des) modèle(s) ;
- et d'imaginer et choisir des solutions d'évolution du système en vue de répondre à un besoin du point de vue de l'utilisateur et exprimé par un cahier des charges.

**La quatrième partie**, d'une durée de 40 minutes, est décomposée en 30 minutes pour l'évaluation des solutions et 10 minutes pour la préparation d'une synthèse globale. Elle est conçue autour des thématiques de conception / optimisation / adaptation des solutions envisagées lors de la partie précédente. Les activités de cette partie ont pour objectif de permettre de conclure vis-à-vis de la problématique abordée dans le sujet de travaux pratiques et ainsi de fournir des éléments nécessaires pour la synthèse finale, et ce quel que soit le niveau d'avancement des études réalisées dans les parties précédentes.

#### Capacité de synthèse et de communication

À la fin de la quatrième partie, et en conclusion globale de l'étude, une synthèse courte, **limitée à trois minutes au maximum après dix minutes de préparation**, est demandée. Au cours de cette synthèse orale, **en appuyant explicitement leur présentation sur le support étudié** et sur les résultats obtenus **et quantifiés**, les candidats doivent être capables :

- de présenter rapidement le système, en se limitant à sa/ses fonction(s) ainsi que la structure de la chaîne fonctionnelle plus particulièrement étudiée ;
- de présenter, d'une manière structurée, la problématique abordée ;
- d'exposer la démarche adoptée avec sa justification et éventuellement les difficultés rencontrées avec les solutions apportées ;
- et de proposer un ensemble de conclusions de l'étude **en s'appuyant explicitement et quantitativement** sur les performances finalement obtenues au regard de la problématique mise en évidence.

L'évaluation tient compte des capacités à utiliser les informations données dans le sujet et les documents techniques mis à disposition ou les aides ponctuelles des examinateurs, de la clarté et précision des explications et de la capacité de synthèse. Ainsi, un candidat qui n'aurait pas réalisé avec succès toutes les activités du sujet proposé peut-il tout à fait effectuer une synthèse de qualité et ne sera pas pénalisé s'il réussit à assimiler toutes les informations disponibles pour en dégager la problématique, la démarche proposée et les réponses obtenues vis-à-vis de la problématique.

À contrario, une énumération linéaire des activités effectuées, même correctes, est à proscrire. Les candidats devront prendre le recul nécessaire par rapport à l'étude menée. **Chaque candidat présente sa synthèse devant un examinateur qui ne l'a pas suivi au cours des trois heures et cinquante minutes précédentes.**

Pour faciliter les échanges avec l'examineur et en vue de préparer la synthèse, les postes informatiques disposent d'un ensemble complet de suites bureautiques (Microsoft Office et / ou Libre Office) permettant de conserver temporairement une mémoire des activités, des courbes suite à des mesures ou de rassembler des graphiques dans un document. **Il est rappelé néanmoins qu'aucun compte-rendu écrit n'est demandé, les brouillons ayant servi au travail sont détruits et tous les fichiers enregistrés systématiquement supprimés dès le départ du candidat.**

Le jury remarque que si l'utilisation de ces outils se généralise et permet en règle générale de fluidifier les échanges avec l'examineur lors des différentes phases d'interrogation, certains candidats ont tendance à stocker de manière déstructurée tout un ensemble de résultats de mesures ou de simulation et peinent à retrouver le résultat pertinent au moment opportun lors des échanges avec l'examineur. Le jury rappelle aux candidats que la réflexion menée pour sélectionner et ordonner les résultats d'intérêt tout au long de l'étude est une des méthodes permettant de prendre le recul nécessaire sur le travail proposé.

**Les capacités de synthèse et de communication** sont essentielles pour un futur ingénieur, elles ont ainsi un rôle important lors de cette épreuve de travaux pratiques et **contribuent pour un quart à la note** sur l'ensemble des 4 heures de l'étude. La clarté des présentations, la précision des explications, le choix du vocabulaire et la capacité à effectuer une synthèse sont prises en compte dans l'évaluation.

#### Logiciels utilisés

Cette épreuve de travaux pratiques fait appel à l'outil informatique et plus précisément à des logiciels de modélisation / simulation de systèmes dynamiques et de programmation informatique, et plus précisément un logiciel de programmation au programme (Python) et un logiciel de simulation des systèmes dynamiques (Scilab). Pour l'utilisation de ces langages et logiciels, un aide mémoire est systématiquement fourni sous la forme d'un document ressources (y compris pour Python) et l'ensemble du programme de l'informatique pour tous en CPGE peut être utilisé lors de cette épreuve.

Lors des activités faisant appel aux outils de modélisation et de simulation, les compétences évaluées sont : analyser le(s) modèle(s) proposé(s), comprendre les algorithmes implantés, identifier et/ou modifier un nombre limité de paramètres, compléter des procédures associées à des algorithmes fournis, choisir le scénario de simulation en fonction de l'objectif suivi, et exploiter les résultats de simulation.

L'utilisation de la programmation peut être demandée pour compléter une activité de développement algorithmique portant sur des thèmes comme, entre autres :

- optimiser des paramètres en vue de recalculer ou d'identifier un modèle, de déterminer un régulateur au regard d'un cahier des charges, etc. ;
- mettre en œuvre un traitement numérique d'un signal ;
- exploiter des signaux en vue d'analyses énergétiques (rendement, inertie, etc.), de traiter des signaux (intégration, dérivation, analyse statistique, etc.) ;
- analyser un diagramme d'états et compléter le programme informatique associé à son fonctionnement ;
- ou modifier un programme informatique et son implantation dans un automate ou un micro-contrôleur afin de satisfaire le cahier des charges et répondre à la problématique étudiée.

D'une façon générale, la mise en œuvre d'une programmation informatique reste limitée et il s'agit, généralement, de compléter un programme. Une progression efficace dans ces études ayant recours à

l'outil informatique demande néanmoins une préparation régulière lors des deux années. L'utilisation de Python étant au programme de CPGE, plusieurs environnements de programmation parmi les plus courants sont utilisés (Idle, Spyder ou Pyzo).

Pour la simulation des systèmes dynamiques, l'environnement Scilab/Xcos est utilisé et pour les évolutions futures des bibliothèques Python spécialisées pourront être adoptées.

**Concernant la simulation numérique des systèmes dynamiques, la connaissance préalable des logiciels retenus n'est en aucune façon exigée** et l'évaluation ne porte pas sur l'aptitude à connaître et maîtriser leurs fonctionnalités. La mise en œuvre d'une simulation numérique est limitée à :

- un apport d'informations facilitant la compréhension du système ;
- la simplification de la résolution d'une partie de l'étude ;
- une modification paramétrique d'un modèle déjà construit pour l'adapter au système étudié (les valeurs des paramètres sont issues des documents fournis, obtenus au préalable par identification expérimentale ou encore en utilisant un modèle de connaissances fourni) ;
- et la détermination de résultats dont l'obtention sans outil de calcul ou de simulation numérique est fastidieuse ou difficile.

### Conseils aux futurs candidats

#### Appropriation du sujet et présentations orales

Les sujets de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur comportent une importante quantité d'informations. **Le jury attire l'attention des candidats sur le besoin de lire précisément les sujets et la documentation technique.** Il rappelle en particulier :

- que la documentation fournie a pour but d'aider et guider le candidat (contextualisation, description structurelle et fonctionnelle, procédures de mesure, données techniques...);
- que la capacité à extraire, assimiler et utiliser une information technique pertinente est une compétence de base de l'ingénieur, cela même si dans les sujets proposés elle restera limitée.

En ce sens, il est regrettable que des approches proposées ou des informations fournies (par exemple afin de faciliter la démarche de modélisation ou la réalisation d'un protocole expérimental) ne soient pas toujours scrupuleusement suivies. **Les excès de précipitation peuvent conduire à des erreurs qui, finalement, se traduisent par une perte de temps pénalisante pour la progression de l'étude.**

**Une part des candidats oublie de restituer oralement l'ensemble des activités menées.** Le jury rappelle à ce titre que **seuls les éléments verbalisés** sont pris en compte pour l'évaluation. Pour la session 2022, les questions formulées par les examinateurs lors des interrogations ont généralement permis néanmoins de rattraper ces oublis au bénéfice des candidats. Dans le même ordre d'idée, lors de l'établissement de modèles, certains candidats oublient de donner les hypothèses utilisées et se contentent du résultat. Là aussi, les questions formulées par l'examineur permettent, au bénéfice du candidat, d'évaluer l'ensemble du travail effectué.

Lors des activités de la première partie, dédiée à la découverte du support et de la problématique, une partie des candidats ne prend pas le temps de présenter **en une ou deux phrases** le système et le contexte sur lequel porte l'étude et aborde directement la présentation sous la forme « à l'activité 1, on m'a demandé de... ».

Le jury ne souhaite surtout pas une présentation interminable, mais quelques phrases permettant de situer le contexte de l'étude proposée. À l'inverse, certains candidats ont tendance à prendre beaucoup de temps

lors des interrogations et ont du mal à évaluer le niveau de détails à présenter (détails de simplifications de calculs pourtant déjà simples et qui ne sont pas supposés poser problèmes en fin de deuxième année de CPGE, détails parfois très longs sur les diagrammes de chaîne d'énergie et d'information, répétition orale de la question en détails). Si cela dénote une volonté de bien faire dans la communication et les échanges avec les examinateurs, cela fait perdre beaucoup de temps. Un résumé en quelques phrases courtes de l'objectif de l'activité suffit généralement. Une telle attitude dans la progression de l'étude est, de plus, une méthodologie permettant de gagner en prise de recul, et de conserver un esprit synthétique.

Lors des échanges, le jury note que les candidats ne font pas suffisamment appel à l'utilisation des schémas ou des diagrammes illustratifs et lorsque ces représentations sont utilisées le formalisme utilisé peut largement être amélioré. L'utilisation de schémas simples, et bien réalisés, facilite la communication, clarifie la présentation et **fait gagner du temps dans la progression de l'étude**. De plus, la qualité des explications, le soin et la clarté des éléments utilisés pour la présentation font partie de l'évaluation. À ce titre, les brouillons fournis doivent s'entendre comme un élément important du panel de supports de communication mis à disposition des candidats pour faciliter leurs échanges avec l'examineur.

Le jury sensibilise les candidats à choisir avec pertinence les courbes/résultats de façon à éviter une inflation de résultats enregistrés en les limitant à ceux qui apportent une information et à utiliser des schémas/tracés explicatifs (directement sur une feuille si besoin) qui permettent simplement et efficacement d'illustrer les présentations.

De la même façon, le jury conseille d'éviter de rédiger de manière trop détaillée des diaporamas lorsque ce mode de présentation est choisi (certains candidats perdent du temps à recopier les équations fournies dans les sujets par exemple) : ceux-ci doivent être considérés comme un aide-mémoire facilitant la structuration de l'échange avec l'examineur.

Pour rappel, les brouillons, captures d'écran et supports de communication sont systématiquement et immédiatement détruits à l'issue de l'épreuve.

Le jury note aussi que trop de candidats ont tendance à inventer des exigences à l'aide de leur bon sens au lieu de **consulter le cahier des charges fourni** qui donne les critères à évaluer et le niveau d'exigence quantifié requis.

Le jury remarque également que certains candidats perdent du temps en présentant des réponses qui ne sont pas en rapport avec le questionnement posé (description du principe de fonctionnement d'un composant qui aurait pu être présent, écriture d'un modèle non demandé, etc...).

Le jury note que certains candidats se pénalisent au niveau du temps en présentant en fin d'échange avec l'examineur les activités qu'ils auraient pu faire mais n'ont pas été explicitement effectuées.

## Partie en autonomie

Le principe de la partie en autonomie encadrée étant conçue autour d'une problématique de modélisation, une meilleure appréhension de la modélisation selon ses différentes formes et des protocoles expérimentaux pour identifier/recaler les paramètres associés (moment d'inertie, coefficient de frottement, couple perturbateur...), doit être le fil conducteur dans la préparation des candidats pour aboutir à de meilleures prestations.

Les activités menées doivent conduire à un modèle validé mais le jury rappelle que l'évaluation porte aussi sur la réactivité des candidats, la capacité à l'analyse critique de leurs résultats, la cohérence dans leur démarche et, si besoin, leur remise en question d'une façon argumentée. L'échec n'est pas pénalisé si la démarche est cohérente.

Le jury est plus en attente d'une justification et d'une analyse de la démarche que d'un simple résultat, quand bien même il soit bon. Ainsi, la démarche d'un candidat, qui ne réalise pas l'ensemble des activités proposées mais qui justifie rigoureusement en quoi la proposition mise en œuvre est partiellement erronée (mauvaise hypothèse initiale, mauvais choix d'équation, simplification abusive, etc.), est valorisée. À



contrario, une démarche apprise par cœur et réutilisée sans réflexion quant à son bien-fondé pour l'étude menée ne sera pas nécessairement valorisée si elle n'est pas rigoureusement justifiée, même si le résultat numérique déterminé est correct.

En écho à la remarque sur la précision de lecture de sujets, les candidats qui par précipitation ne s'imprègnent pas suffisamment du contenu (et donc des pistes d'études proposées) et ne voient pas un certain nombre d'informations simples données en vue de faciliter leur progression (récupération de données constructeurs par exemple) se pénalisent. De manière générale, le jury conseille aux candidats de commencer cette partie par une étape préalable de réflexion sur la démarche qu'ils vont suivre, avant de se lancer immédiatement dans la réalisation de calculs, de mesures ou de schémas.

### Analyse

Les éléments composant les chaînes fonctionnelles d'information et d'énergie sont bien connus, les difficultés constatées consistent à les situer précisément sur le support et **à faire une présentation formalisée** de leur organisation mettant en évidence l'architecture du système analysé (alimentation, pré-actionneur, actionneur, effecteur, etc.). Par ailleurs, le vocabulaire technologique est parfois peu approprié et approximatif. Le jury note en particulier qu'un certain nombre de candidats présente des chaînes d'information et d'énergie constituées de composants classiques rencontrés durant leur formation, sans se poser la question de leur présence réelle ou non sur le système considéré durant l'épreuve et leur enchaînement logique. Une part importante des candidats **propose des chaînes d'énergie et d'information génériques issues directement de leur cours sans vérifier la cohérence par rapport à celles du support objet de l'étude**, en particulier sur la zone de prise d'information sur la chaîne d'énergie qui est systématiquement faite sur l'actionneur quand bien même ce ne soit pas le cas sur un certain nombre de systèmes.

Le jury rappelle à ce titre que les diagrammes SysML fournis (notamment les diagrammes de définition des blocs et des blocs internes) doivent permettre d'identifier les constituants et de comprendre l'architecture d'une chaîne fonctionnelle.

Sur un aspect expérimental :

- les mesures sont souvent interprétées à minima, ce qui traduit un manque d'analyse. Une comparaison de résultats souvent non chiffrée et sans valeur quantifiée n'est pas admise. Les expressions « cela satisfait les exigences », « les mesures ressemblent à la simulation », « la courbe est bonne », « les résultats sont similaires », etc. ne sont pas acceptables ;
- l'absence de vérification de l'homogénéité des relations manipulées et de la validation des modèles utilisés (effectuée expérimentalement ou en utilisant la simulation numérique) conduit une part non négligeable de candidats à des erreurs d'analyse. Ce constat est particulièrement mis en évidence lors de l'utilisation de documents techniques où les valeurs des différents paramètres ne sont pas systématiquement données dans les unités SI (par exemple l'oubli assez récurrent de conversion d'une vitesse de rotation donnée en tours/min en rad/s, de constantes de couple données en mNm/A, etc.). Cette absence de vérification élémentaire de l'homogénéité est d'autant plus pénalisable durant la partie réalisée en autonomie où le jury s'attend explicitement à ce que les candidats réalisent une analyse critique de ses résultats ;
- dans le même ordre d'idée, le jury note une absence de recul et de vérification de la cohérence des ordres de grandeur des valeurs numériques obtenues pour les paramètres identifiés (inerties, coefficients de frottement, inductances... parfois gigantesques au regard du composant étudié). Si ces valeurs erronées proviennent le plus souvent d'une simple erreur dans l'application numérique, alors que l'expression littérale est correcte, elles traduisent un manque de recul vis-à-vis de la problématique et du système étudié qui devrait pourtant être le fondement du travail expérimental en travaux pratiques ;
- le jury note souvent un manque de rigueur dans la comparaison de résultats (issus de simulation et/ou de mesures). Les indicateurs liés à cette comparaison doivent être systématiquement chiffrés (valeurs

maximale, finale, dépassement, etc.). Une validation uniquement qualitative du type « on constate que c'est à peu près pareil... » n'est évidemment pas suffisante.

Le jury note des difficultés de certains candidats pour réutiliser des connaissances et compétences dans un contexte légèrement différent de celui vu durant les deux années de formation. Par exemple, si la très grande majorité des candidats peut exposer parfaitement le principe de fonctionnement d'un codeur incrémental, peu de candidats sont capables d'estimer une vitesse de rotation à partir des signaux mesurés sur ce type de capteur. Dans le même ordre d'idée, si les candidats maîtrisent généralement la détermination de modèles dynamiques linéaires (premier ou second ordre), peu sont conscients de faire ainsi l'hypothèse implicite de linéarité, et très peu sont capables de proposer un protocole expérimental pour la vérifier. Le jury encourage les candidats à ne pas cloisonner leurs apprentissages : compréhension des solutions technologiques, méthodes « théoriques » et déterminations expérimentales forment un ensemble indissociable qui permet une prise de recul sur les concepts et outils manipulés. Le jury s'attend à ce que l'épreuve de travaux pratiques soit le lieu où les candidats montrent le caractère transverse de leurs compétences.

Un manque de recul vis-à-vis des différences entre une courbe théorique et une mesure expérimentale est observé pour une partie des candidats. Ainsi, la présence inévitable de bruit de mesure peut perturber certains candidats qui analysent à tort ce bruit comme des instabilités du système. De la même façon, les conditions expérimentales (instant de déclenchement d'un échelon, conditions initiales non nulles) entraînent des erreurs sur la détermination d'un temps de réponse ou du gain statique. Le jury conseille aux candidats de bien s'imprégner de ces différences inévitables liées aux conditions de l'expérience, ce qui ne peut s'acquérir que par un travail régulier et spécifique sur les activités expérimentales durant les deux années de formation.

En automatique :

- le choix ou la justification d'une loi de commande (structure, correcteur, etc.) repose souvent sur des critères trop généraux, non argumentés à l'aide **d'arguments quantifiés et contextualisés** liés au cas d'étude concerné. La justification peut être argumentée rigoureusement, par exemple, en faisant appel aux critères usuels comme la marge de phase au regard d'une pulsation de coupure souhaitée, la nécessité (ou non) d'une action intégrale selon le type de consigne et/ou présence de perturbations, etc. ;
- le calcul des correcteurs (PI, avance de phase par exemple) repose souvent sur l'utilisation de relations apprises par cœur, souvent mal utilisées, et sans faire le lien avec les spécifications du cahier des charges du problème traité. Une confusion classique par exemple consiste à évaluer la marge de phase actuelle pour déterminer la correction à apporter, alors que celle-ci découle des caractéristiques fréquentielles souhaitées pour le système corrigé. Il est rappelé que le jury s'intéresse essentiellement à la démarche dans le calcul de la loi de commande et non pas à la connaissance de formules qui sont soit rappelées dans le sujet ou soit rappelées, sans pénalisation, en cas de besoin par l'examinateur ;
- les comparaisons entre les courbes réponses simulées et les courbes réponses du système réel sont souvent très mal réalisées (effet des conditions initiales, stimuli injecté, comparaison modèles simplifiés/modèles plus complexes/système réel) ;
- la connexion entre les résultats d'analyse harmonique/comportement système dans le domaine temporel ne sont pas suffisamment connus ;
- les capacités à manipuler et exploiter les réponses fréquentielles en boucle ouverte (diagrammes de Bode) pour déterminer des critères de performances classiques (stabilité, marges de stabilité) sont en progrès mais des améliorations sont encore possibles. Le jury conseille aux candidats de conserver des formes factorisées des fonctions de transfert considérées et de manipuler des formes canoniques simples.

## Modélisation

La modélisation est un besoin fort en sciences industrielles de l'ingénieur, aussi le jury rappelle la nécessité de justifier ou proposer un modèle de connaissance dynamique. Une phrase du type « j'applique le PFD... » n'est pas une réponse pertinente, une épreuve orale exige la même rigueur scientifique qu'une épreuve écrite :

- le jury attire l'attention sur la nécessité de préciser le système isolé, le bilan exhaustif des actions mécaniques extérieures, le théorème utilisé (TRD, TMD ou TEC), la direction éventuelle de projection, le point de réduction pour le théorème du moment, les hypothèses de modélisation, etc. Retrouver des relations par analyse dimensionnelle sans être capable de les justifier avec les différents théorèmes vus en cours n'est pas acceptable ;
- l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique (TEC) pour l'établissement des lois de comportement dynamique n'est pas assez maîtrisée. La présence d'une inertie équivalente dans une loi d'évolution impose l'utilisation du TEC ce qui ne semble pas acquis par tous les candidats ;
- la notion de quantités équivalentes rapportées à l'axe d'un actionneur est mal connue (inertie/masse équivalente, couple/force équivalent(e), coefficient de frottement équivalent). Leur utilisation est pourtant indispensable pour construire le modèle de comportement utilisé pour la conception et la mise au point de la commande asservie d'un système.
- la notion de rendement ne semble pas bien maîtrisée. En particulier pour mettre en évidence les quantités équivalentes couple/force équivalent(e) l'appel à un bilan de puissance et au rendement d'une chaîne de transmission est un outil efficace. Pour beaucoup de candidats un rendement traduit seulement par un rapport entre une grandeur d'entrée et une grandeur de sortie (pas nécessairement homogènes) sans se poser de questions sur le lien entre rendement et puissance (en particulier estimer un rendement lors d'une phase transitoire n'a aucun sens, ce que semblent découvrir de nombreux candidats).

Le développement de modèles pertinents passe souvent par une modélisation rigoureuse des liaisons mécaniques : une analyse précise par observation des surfaces en contact ou des mouvements élémentaires est alors requise. Le jury regrette que cette analyse rigoureuse soit souvent remplacée par un raisonnement intuitif. De plus, certains candidats cherchent à dessiner immédiatement le schéma sans avoir au préalable mené une réflexion les conduisant par exemple à un graphe de liaisons. L'activité de TP donne la possibilité, **par une observation et des manipulations du système** présent sur le poste de travail, de faire des **propositions** de modèles cohérents vis-à-vis des surfaces observées. Les formules de mobilité sont bien connues, mais sont généralement appliquées avec peu de recul, sur des modèles parfois équivalents cinématiquement au modèle attendu. Par ailleurs, les connaissances et savoir-faire élémentaires concernant la géométrie et la cinématique des solutions classiques de transmission mécanique sont rarement maîtrisés. Une partie des candidats éprouve des difficultés à proposer un schéma cinématique d'un système de transformation de mouvement, même en modélisation plane. L'oubli de certaines classes d'équivalence ou de certaines liaisons peut être également noté.

L'identification de modèles comportementaux pose des problèmes à un certain nombre de candidats lorsque le type de modèle (2<sup>e</sup> ordre ou 1<sup>er</sup> ordre sous forme canonique) ou la démarche ne sont pas explicitement donnés. La reconnaissance d'un tel type de modèle ou le protocole d'identification expérimentale doivent être maîtrisés. En particulier, l'obtention d'une mesure « faisant penser à un système du premier / second ordre » doit s'accompagner d'une réflexion sur le stimulus d'entrée qui a conduit à cette mesure au risque de conduire à une démarche complètement erronée, en particulier lors d'essais réalisés en boucle fermée.

Pour l'identification des constantes de temps d'une fonction du premier ordre, il est utilisé quasi systématiquement le temps de réponse à 5 %. Cette approche conduit à une sensibilité trop importante de

l'estimation de ce temps de réponse vis-à-vis des incertitudes de mesure. L'utilisation de la valeur à 63 % de la variation de la grandeur considérée est, d'une part plus facile à mettre en œuvre, et d'autre part est moins sensible aux erreurs de mesure. Une autre solution est l'appel à la tangente à l'origine, plus rapide à mettre en œuvre et qui peut donner une estimation avec une marge d'erreur acceptable dans la plupart des cas d'étude.

#### Utilisation de l'outil informatique

L'optimisation numérique est devenue un outil de base pour l'ingénieur et le jury constate que le niveau des candidats augmente sur les méthodes associées. Dans le cadre de l'épreuve :

- lorsque l'optimisation d'un critère est nécessaire, le problème posé aux candidats n'est pas de développer la procédure d'optimisation mais de mettre en place la modélisation et la démarche nécessaires pour poser le critère à optimiser. L'optimisation est résolue ensuite au moyen d'une fonction fournie ou disponible dans une bibliothèque ;
- dans une phase d'optimisation, il s'agit d'analyser :
  - comment la formulation du problème d'optimisation modifie le niveau de performance de la solution obtenue ;
  - l'influence du choix des paramètres d'optimisation sur le niveau de performance obtenu.

Les environnements de programmation classiques pour Python sont connus des candidats, et leur capacité à traduire un algorithme simple sous la forme d'un programme informatique est en net progrès. Les difficultés de ceux n'arrivant pas à produire une procédure fonctionnelle sont dues à l'absence de maîtrise des bases de la programmation (manipulation de listes, etc.) et à une démarche non structurée dans l'écriture du programme.

#### Synthèse globale

Les attendus de la synthèse globale de fin d'épreuve et le principe d'une présentation en temps limité sont bien intégrés par les candidats. Le jury en conclut avec satisfaction que la majorité des candidats a lu les rapports des années précédentes et s'est appropriée l'organisation de l'épreuve de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur.

Cependant une partie des candidats hésite sur les attendus de la synthèse globale mais ce constat est à nuancer car peut-être également dû aux suites des contextes de confinement. Lors des présentations effectuées, certains candidats ont tendance à rentrer dans des détails inutiles. En plus de déborder du temps imparti, un niveau de détails trop important conduit souvent à un exposé confus, mal structuré et montre un manque de recul sur le lien entre la problématique et les activités proposées. De même, une présentation trop générale, indépendante du support étudié, sans lien précis ni quantification avec la problématique abordée n'est pas bien considérée. Le fil conducteur de la présentation doit être organisé autour de trois mots clés : **problématique, démarche, conclusion... contextualisés sur le support de l'étude**. Cette activité **demande un réel entraînement**. Le jury conseille :

- de s'entraîner à ce type d'activité avec une structure de présentation articulée autour des trois points
  - **mise en évidence de la problématique étudiée** ;
  - présentation des points clés de la **démarche** amenant aux solutions élaborées en s'appuyant sur les résultats quantifiés ayant permis de conduire la réflexion. En particulier, l'utilisation conjointe et complémentaire de la modélisation et de l'expérimentation dans le but de répondre à un objectif sont à mettre en avant ;

- et **conclusion argumentée** au regard de résultats quantifiés et de la problématique initiale ;
  - **en veillant à une présentation en temps limité (3 minutes)** ;
- d'exposer cette dernière phase de l'évaluation en s'appuyant sur des résultats graphiques et numériques ;
  - de travailler le choix du vocabulaire technologique qui doit être mieux maîtrisé ;
  - de ne pas présenter en détails la chaîne fonctionnelle étudiée.

Il est indispensable que les présentations soient fondées sur le support étudié, les modèles développés ou étudiés, les mesures et analyses réalisées en rappelant systématiquement les principaux résultats obtenus.

Certains candidats ont tendance à enregistrer des captures d'écrans et se contentent de les conserver ouvertes. Ils pensent ainsi pouvoir accéder rapidement à ces captures lors des échanges avec l'examinateur. Or, en général, ils finissent par se perdre dans les multiples figures et sont conduits à faire défiler rapidement un grand nombre de résultats, rendant la présentation très difficile à suivre.

Les résultats présentés doivent être retenus en raison de leur pertinence **en nombre limité et quantifiés** compte tenu des exigences formulées par le cahier des charges. **Le jury n'attend, en aucun cas, un compte rendu linéaire des activités abordées au cours de la séance.**

## Conclusion

Pour la session 2023, les objectifs généraux et l'organisation de l'épreuve orale de sciences industrielles de l'ingénieur seront dans la continuité de ceux de la session 2022. La partie en autonomie encadrée prévue sur une durée d'une heure environ et la synthèse globale en temps limité, effectuée devant un examinateur n'ayant pas suivi le candidat lors des quatre heures de l'épreuve, seront conservées.

Un sujet type sera publié au cours du mois de novembre 2022 sur le site du concours CentraleSupélec.

La préparation de cette épreuve ne s'improvise pas et l'acquisition des compétences évaluées est le fruit d'un travail régulier au cours des deux années de préparation. Il est donc indispensable de s'approprier :

- une démarche de mise en œuvre des fonctions d'un système industriel pluritechnologique ;
- une méthodologie de résolution de problèmes permettant d'aborder et d'appréhender les activités d'évaluation proposées par le jury dans l'esprit des sciences industrielles de l'ingénieur ;
- une maîtrise suffisante des principes d'utilisation d'outils de simulation numérique et d'analyse des résultats obtenus.

Le jury de sciences industrielles de l'ingénieur souhaite que les candidats s'imprègnent des conseils donnés dans ce rapport pour bien réussir cette épreuve.

# Entretien scientifique (Arts et Métiers)

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve comporte une préparation de 45 minutes suivie d'une présentation de 30 minutes. Elle cherche à évaluer :

- l'acquisition des connaissances scientifiques et technologiques ;
- la méthode d'analyse, l'aptitude à structurer la pensée, la maîtrise conceptuelle et linguistique ;
- l'ouverture d'esprit, le sens critique, la capacité à débattre des grands problèmes du monde contemporain ainsi que les qualités de communication en situation d'oral.

Chaque candidat est interrogé par deux interrogateurs — l'un enseignant dans le domaine scientifique, l'autre dans celui des sciences humaines. L'entretien se situe à l'interface des sciences physiques et des sciences humaines ; il évalue tout aussi bien les compétences d'analyse textuelle, d'argumentation et de communication du candidat que ses connaissances scientifiques et sa capacité de raisonnement. Cette approche corrélée permet de tester l'aptitude d'un futur ingénieur à penser l'alliance entre ces deux dimensions du métier. Le partage des points est équitable entre les sciences humaines et les sciences physiques. Tous les membres des jurys disposent des mêmes jeux de questions-réponses élaborés pour chacune des disciplines concernées. Les questions scientifiques (orientées le plus possible vers des applications technologiques) couvrent l'ensemble du programme de physique-chimie des deux années de Classes Préparatoires. Pour la première année, c'est le programme de PCSI qui est la référence.

À l'entrée en salle de préparation, un texte de quatre pages environ, extrait d'une revue scientifique ou technologique, parfois de vulgarisation, est remis au candidat. Pendant la phase de préparation, le candidat peut annoter le document et, si nécessaire, consulter un dictionnaire. Il profite du temps imparti pour lire attentivement et analyser ce document puis, devant le jury,

- il réalise un exposé oral de 5 minutes (sans intervention du jury) au cours duquel la structure et la logique argumentative ou informative du texte devront être dégagées et ses enjeux mis en valeur ;
- puis il répond à une interrogation en sciences humaines (de 5 à 10 minutes) autour des enjeux, pouvant comporter des questions de vocabulaire, de compréhension et une discussion sur les problématiques développées dans l'article.

L'ensemble est centré sur le ou les thèmes principaux abordés par le document.

Lors de la phase de préparation en salle, et un quart d'heure avant la fin, une résolution de problème est communiquée au candidat qui prend ainsi connaissance de la problématique et du document qui lui sera projeté lors de sa présentation. La calculatrice n'est pas autorisée au cours de cette préparation, mais elle peut être utilisée en présence du jury pour préciser une valeur numérique.

L'entretien commence par les questions de sciences humaines. La résolution de problème est ensuite projetée sur un tableau blanc ; ce support du raisonnement peut contenir un schéma descriptif, une notice de fonctionnement, un ensemble de données utiles à la résolution, une figure ou un graphe que le candidat doit décrire, interpréter ou compléter. Le jury peut fournir des informations complémentaires à la demande du candidat et l'orienter dans sa démarche par des questions de difficultés graduées.

## Analyse globale des résultats

Le protocole de cette épreuve est maintenant bien connu des candidats et ils ont su s'y préparer pour la plupart, qui ont bien compris la nécessité d'être en *échange* avec le jury dans un oral qui n'est pas un « écrit au tableau » mais valorise une compétence plus généraliste de l'étudiant. L'entretien scientifique ne se restreint pas à une évaluation des compétences techniques de vocabulaire, de raisonnement ou de calcul du candidat : il cherche à évaluer ses capacités à réfléchir, à s'adapter, à s'engager dans la vie publique et à faire preuve d'ouverture. Lorsque le candidat calcule, par exemple, le bilan carbone d'un véhicule, il apparaît naturel de s'interroger sur l'impact environnemental d'un tel résultat et les solutions alternatives qu'il est possible d'envisager.

De l'avis général, la plupart des candidats font preuve d'intérêt et de motivation pour réussir cet oral. La très grande majorité se présente à cet oral dans une tenue correcte et avec un comportement respectueux de l'épreuve. Mais si les candidats sont de mieux en mieux préparés à cette épreuve, le niveau général des candidats reste en revanche contrasté.

Quelques candidats, par leur capacité d'analyse, leur esprit critique et leur culture, alliés à un réel talent pédagogique se sont vu attribuer la note maximale en sciences humaines. À l'inverse, certains candidats ont un oral mal assuré, une culture linguistique et générale faible, et semblent méconnaître les attendus d'une telle épreuve : ils sont, et heureusement, de moins en moins nombreux.

Le niveau global constaté en sciences physiques est satisfaisant. Les candidats ont révélé un vif intérêt pour les sciences et ont su mener cet entretien de façon argumentée avec une bonne connaissance du vocabulaire scientifique et des concepts bien maîtrisés, l'entretien avec le jury s'en est trouvé enrichi. L'écart entre les candidats s'est affirmé selon leur maîtrise du cours, leur capacité à appréhender le problème et à établir une stratégie simple et méthodique de résolution. Certains ont su construire une modélisation fondée sur des hypothèses réalistes et énoncer les lois physiques nécessaires dans une démarche raisonnée, alors que d'autres ont avancé dans le problème sans schéma, de façon incohérente et désordonnée.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Commentaires sur la partie sciences humaines

#### Exposé oral

Le jury rappelle comme toujours que la réussite de l'exposé passe par une bonne gestion du temps (préparation et exposé), une fidélité au texte proposé, une rigueur dans la présentation, une capacité de synthèse et une distance critique pour en relever les enjeux (parfois implicites), et une volonté de pédagogie : l'exposé n'est ni un interrogatoire, ni une confession, ni une réclame publicitaire : il est censé rendre compte de façon claire et attractive d'un article pour un auditoire qui est censé ne pas l'avoir sous les yeux. Cet exposé doit pouvoir s'appuyer à la fois sur le texte lui-même, sur les notes prises au moment de la préparation et sur l'auditoire.

Cet exposé ne saurait en rien se réduire à un simple résumé : il s'agit d'abord d'introduire l'article, en donnant ses références, éventuellement le contexte dans lequel il s'est écrit (actualité scientifique, sociale ou politique ; histoire des sciences ; débats sociétaux, etc.), mais aussi sa structure (Le texte est-il composé de plusieurs parties ? Quelles sont-elles ?), sa typologie (Est-ce un récit ? Une explication ? S'agit-il d'une mise en garde, d'un état des lieux, d'un article humoristique, d'un bilan, d'un texte polémique ? Est-il neutre, prend-il partie ?...). Il s'agit ensuite de rendre compte, évidemment, du contenu de l'article en sachant faire la part de l'anecdotique, que l'on n'aura pas forcément le temps de mentionner, et de ses articulations, informations, réflexions principales. On ne négligera pas les intertitres, les illustrations et encadrés qui donnent parfois des clés de compréhension ou des éclairages pour nourrir la discussion.

Il s'agit enfin de prendre le recul permettant de proposer une conclusion apte à dégager les enjeux de l'article. L'ensemble de l'exposé doit impérativement se cantonner dans une prestation de *5 minutes au maximum*. La prise en compte lors de la préparation et le respect lors de la prestation du temps imparti pour cette épreuve font partie des compétences attendues de la part du candidat.

Les quatre grandes qualités permettant de départager les candidats sont :

- l'esprit de synthèse, permettant de dégager une vue d'ensemble d'un article sans le paraphraser ;
- la clarté de la voix et de l'élocution, permettant un exposé fluide et agréable à suivre ;
- un bon niveau de langue, qui permet d'évaluer l'aptitude d'un candidat à exposer une question pendant cinq minutes dans une langue soutenue et précise ;
- une capacité à bien communiquer avec le jury.

Les candidats sont le plus souvent de bonne volonté : rares sont les candidats qui bâclent cette partie de l'épreuve, ou qui l'abordent de façon non concernée. On note souvent une difficulté à commencer l'exposé : beaucoup commencent leur exposé par une formule du type « ; euh, (ou ben ), donc... », voire « donkeuh », ou par une formule à peine plus élaborée mais pas moins maladroite, du type : « Nous avons un texte de ; », « On est sur un texte de... », « Le document que j'ai à résumer porte sur... ». Ceux qui commencent d'emblée avec, en une phrase un peu soutenue, une introduction qui contextualise l'article et indique son idée directrice et sa structure sont encore assez rares, même s'ils sont plus nombreux ces dernières années : leur prestation est d'autant plus valorisée qu'un exposé qui commence de la sorte est pour le jury le gage d'un entretien de qualité.

Le défaut le plus important et — hélas — le plus souvent relevé dans les exposés des candidats est la mauvaise gestion du temps. L'impératif des *5 minutes* que doit durer l'exposé n'est pas assez pris au sérieux par les candidats, en dépit des rappels du jury. Il est même étonnant de voir des candidats se présenter à cette épreuve sans montre ni chronomètre, ou éventuellement avec une montre qu'ils ne consultent même pas. Il est encore plus étonnant de voir des candidats continuer leur exposé alors qu'on leur signale que le temps qui leur est imparti est arrivé à son terme. Attention : un candidat qui dépasse le temps imparti perd des points, un candidat dont l'exposé ne comporte pas de conclusion perd des points, et un candidat dont l'exposé ne comporte pas de conclusion parce qu'il a été interrompu pour avoir dépassé le temps imparti perd ainsi deux fois plus de points. En effet, la conclusion (bilan et ouverture) est aussi nécessaire à un exposé oral qu'elle l'est à une dissertation écrite : une telle conclusion doit en quelques phrases rappeler la thèse de l'auteur, dégager l'intérêt et les enjeux de l'article (par rapport à l'actualité, à l'histoire des sciences, des idées...), et suivant le cas permettre au candidat de donner rapidement son point de vue si l'article étudié développe ou fait état d'une argumentation. On veillera à ne pas confondre sa propre conclusion avec celle de l'article lui-même : dire en fin d'exposé « en conclusion » pour finalement ne rendre compte que du dernier paragraphe de l'article est une très mauvaise idée.

Autre écueil constaté : encore trop de candidats se font une conception narrative de l'exposé et pensent que la compétence que l'on attend d'eux est celle qui consiste à « raconter » l'article. Dans une telle perspective, l'exposé devient, hélas, un récit assez plat, émaillé de « donc », « ensuite », « et puis », au détriment de la logique du texte, voire de la mise en lumière de son contenu, et parfois même de la clarté de l'exposé — le pire des exposés étant le résumé poussif « racontant » l'article tout en se noyant dans les détails, et qui s'arrête au bout de cinq minutes sans seulement être arrivé au bout de l'article. Un grand nombre de candidats s'efforce de dégager les grandes parties de l'article qui leur est proposé : c'est non seulement un effort qui est valorisé mais qui est utile au candidat qui perçoit ainsi mieux le déroulement logique, voire argumentatif du texte. On peut donc s'étonner des candidats qui ne s'en servent pas dans le déroulement de leur exposé et qui présentent un exposé linéaire sans se référer à leur annonce de la structure.



### Questions de langue

Ces questions offrent d'abord l'occasion de revenir sur certains mots du texte qui auraient pu gêner la compréhension, mais aussi d'évaluer la sensibilité linguistique du candidat et sa culture lexicale. Le jury attend du candidat de pouvoir découper certains mots et les expliquer par les radicaux qui les composent (*anthropo-morphisme, pseudo-nyme, historio-graphie*) ; de pouvoir reconnaître la valeur de certains préfixes tout en veillant à leur possible polysémie (*méta- ; para- ; in- ; dis- ; re-*, etc.) ou suffixes (*-able ; -ment ; -iser*, etc.) ; de pouvoir expliquer certains mots appartenant à la culture générale attendue d'un élève ingénieur (*robot ; in vitro ; prototype*, etc) ; de connaître les étymologies les plus courantes (*philia, logos, anthropos, pathos, giga-, téra-, ergo...*) ; de pouvoir décliner les synonymes, antonymes, mots de la même famille, etc., d'un terme donné. Un candidat doit connaître le sens des mots du texte qu'il présente : pour l'y aider, un dictionnaire lui est prêté pendant sa préparation. Les candidats qui ne trouvent pas le sens du mot même après avoir recouru au dictionnaire, mais qui ont mis à jour sa structure morphologique ont été valorisés.

On aura noté que certains candidats n'ont toujours pas le réflexe d'utiliser le dictionnaire mis à leur disposition lorsqu'ils se trouvent en présence d'un mot qu'ils ne connaissent pas, mais aussi que le niveau de langue développé au cours de l'exposé s'est parfois affaibli dans le passage aux questions de langue : il est dommage, après un assez bon exposé, d'entendre des réponses émaillées de « du coup » ; « ce sera » ; « pour moi c'est » ; « euh » ; « au final » ; « ok »..., tics de langage de la vie quotidienne qui ne répondent pas à ce qu'on attend de la qualité et de la précision de la langue attendue d'une communication orale. Certains candidats n'ont pas compris que les questions de vocabulaire ne sont pas des questions d'explication du texte, qui viendront ensuite. Outre la question de la culture générale, le métalangage nécessaire pour répondre à certaines questions de vocabulaire fait souvent défaut : *métaphore, comparaison, préfixe, suffixe, radical, antonyme, synonyme, sigle, acronyme, calembour...* doivent faire partie du bagage du candidat, d'autant plus que la plupart de ces termes ont été traversés à un moment ou à un autre de la scolarité. Un candidat doit pouvoir distinguer *comparaison* et *métaphore, sigle et acronyme, préfixe et radical...*

### Questions de compréhension du texte

Cette phase de l'entretien a pour objectif de revenir éventuellement sur des erreurs (ou des approximations) de lecture révélées au cours de l'exposé, ou de vérifier des connaissances, mais aussi, et surtout, de mettre au jour la finesse de compréhension de certains passages qui ne vont pas forcément de soi et d'évaluer la clarté de leur explication. Il s'agit ici de proposer une élucidation clairement formulée des passages délicats du texte (une expression, un membre de phrase, voire une ou deux phrases). Les questions sont de difficulté inégale et le candidat ne doit pas se troubler s'il ne parvient pas à répondre à toutes. Les examinateurs sont sensibles à l'effort fait pour expliquer *précisément* l'expression ou l'extrait du texte à l'étude. Nous conseillons aux futurs candidats de profiter de ces questions pour fournir les apports personnels auxquels ils n'auraient pas songé pendant la préparation : les questions du jury sont des perches tendues pour les aider à approfondir ou compléter leurs analyses. La première réaction est donc de se demander pourquoi la question est posée : est-ce pour revenir sur une difficulté d'ordre lexical qui a peut-être entraîné une erreur de lecture, pour pointer une expression (ironique ou imagée, une figure de style) que l'on n'avait pas relevée, pour lever une obscurité, pour vérifier si le raisonnement de l'article a été bien perçu ? Dans ce dernier cas, une reformulation du passage peut s'avérer salutaire. Mais elle est inutile et même parfois nuisible si la question vise plutôt à élucider une métaphore, à percevoir un clin d'œil, un trait d'humour, un jeu de mot, un détournement de citation ou un changement de niveau de langue, la présence de guillemets ou d'italiques, etc. Dans tous les cas, le jury attend une réponse honnête et se montre sévère face aux refus de coopérer, quand le candidat se débarrasse d'une question gênante par un « chais pas » et attend la question suivante.

Les questions de compréhension donnent souvent lieu à de bonnes, voire de très bonnes explications, et peu de contresens ont été observés. On aura souvent déploré que l'explication se ramène à une simple

reformulation, une simple paraphrase du passage à commenter : reformuler peut éventuellement être une première étape, mais c'est bien une *explication* qui est ici attendue par le jury. Il arrive parfois aussi que des candidats ne pensent ni à relier le passage à expliquer au reste de l'article, ni à en donner la justification (pourquoi l'auteur a écrit cela et quelles en sont les conséquences ?). Certains candidats ont du mal à reconnaître une interrogation rhétorique (fausse interrogation contenant sa propre réponse), à expliquer une métaphore, un trait d'humour ou d'ironie, un jeu de mots, notamment dans les titres (« le carburant vert veut sa place au soleil », ou « l'addition est sale » dans un texte consacré aux énergies « propres »), ou encore un niveau de langue, parfois volontairement familier, voire grossier : la traduction de *bullshit* par « conneries » les a par exemple dérouter. On s'étonne également que certains candidats ne soient pas au fait de l'actualité récente (GIEC, COP26, EPR...) ou ont oublié certaines étapes de leur scolarité, en Français (savoir par exemple situer des auteurs très connus comme Balzac ou Maupassant) ou en Histoire (la Guerre froide, par exemple). Non seulement les références littéraires et historiques sont parfois oubliées, mais c'est même la chronologie qui est fantaisiste. Or, il est difficile d'expliquer certains passages d'un texte si l'on ne possède pas certains éléments de culture générale. Appartiennent à cette culture générale attendue quelques éléments connus de l'histoire des sciences, de la Bible et des épopées antiques, des grandes controverses scientifiques (héliocentrisme, climato-scepticisme...). Dit autrement : la culture générale attendue est celle d'un candidat titulaire du baccalauréat général et doté d'une assez bonne mémoire, augmentée de celle d'un élève de classes préparatoires qui a étudié deux programmes de Français-Philosophie et qui a continué à se tenir au courant du monde qui l'entoure. Le jury rappelle que les articles proposés à l'étude ne proviennent pas de revues spécialisées, mais bien de revues de vulgarisation : les éléments de culture générale produits par ces articles sont des connaissances supposées acquises par des lecteurs adultes qui lisent les journaux et ont un niveau correct d'instruction, une certaine curiosité, et rien de plus.

#### Questions sur les axes de développement

La partie « Développements », qui dure environ 4 minutes, est la partie de l'entretien où le candidat est pendant quelques minutes « en roue libre », et a la possibilité de témoigner à la fois de sa capacité de réflexion, de sa culture générale, mais aussi de son niveau de langue et de son aptitude à former assez rapidement un discours construit et des phrases riches. Cette partie de l'entretien permet de juger des capacités argumentatives des candidats, de leur curiosité intellectuelle, de leur aptitude à s'exprimer en public. La rigueur logique, testée aussi dans la phase de l'interrogation scientifique, est largement sollicitée. Le candidat est invité à approfondir son exposé initial et à le compléter en faisant le lien entre les idées présentées par l'article et d'autres champs du savoir. Cette aptitude à connecter les réflexions correspond à la réactivité attendue par les examinateurs. Il n'est pas question ici d'asséner une opinion mais d'argumenter un avis de manière articulée, en situant la problématique, en posant les jalons d'une discussion contradictoire, en concluant de façon nuancée mais ferme. Les questions peuvent porter aussi bien sur l'histoire des sciences ou des arts, l'histoire en général, la littérature et le cinéma, les grands débats de société, les grandes questions et controverses scientifiques, notre rapport à la culture, à notre histoire, à notre avenir. Un candidat qui suit l'actualité pendant ses années de préparation, à qui il arrive de lire autre chose que les œuvres au programme et qui sort de temps à autre au cinéma se prépare déjà. Il ne s'agit pas d'avoir réponse à tout ; ce n'est pas l'érudition qui est recherchée, mais la curiosité, la volonté et la faculté de se poser des questions en variant les points de vue (social, psychologique, environnemental, politique, esthétique...), et l'aptitude à improviser le développement nuancé d'une idée face à un auditoire. Répétons qu'on peut chercher à réagir aux questions par une démarche d'hypothèses lorsqu'il paraît difficile de donner une réponse immédiate.

Cet exercice exige, plus que les précédents, un véritable entraînement. Il est régulièrement la partie plus difficile et la moins bien maîtrisée de l'entretien, en général lorsque les candidats manquent de culture et d'aisance à l'oral. Il se réduit également parfois au minimum, hélas, lorsque le candidat a gaspillé son temps d'entretien par une réactivité lente aux questions posées lors des précédentes étapes. C'est la partie de l'entretien qui donne lieu au spectre le plus large, de l'indigence complète à une argumentation solide,

bien étayée et parfois enthousiasmante ! Entre ces deux extrêmes se situe la majorité des candidats, qui peinent parfois à réellement argumenter et qui n'arrivent souvent qu'à fournir un ou deux arguments flous. Certaines argumentations ont été excellentes, et le jury a eu beaucoup de plaisir à les entendre : rigoureuses, construites méthodiquement, étayées par des exemples précis, et posant des questions pertinentes. Il semble que certains candidats se soient préparés au cours de l'année au thème auquel se rapporte la question posée, tant l'argumentation est précise : ils se sont en tout cas très certainement préparés à cet exercice, qui demande de l'entraînement. À l'inverse, trop de candidats réduisent leurs développements à une argumentation pauvre, parfois hors sujet, à des idées non développées alignées les unes à la suite des autres, sans aucune référence précise, et oublient qu'une argumentation s'appuie sur des exemples, mais nécessite aussi bien à l'oral qu'à l'écrit une introduction et une conclusion, et c'est regrettable.

## Commentaires sur la partie sciences physiques

### Commentaires généraux

L'épreuve évalue d'une part les connaissances scientifiques des candidats et d'autre part leur savoir-faire (capacités exigibles) défini dans les programmes de physique-chimie. Les compétences testées sur la résolution de problème sont les capacités du candidat à :

- *s'approprier* l'information en énonçant clairement la problématique fondée sur un schéma modèle ;
- *analyser* le problème en établissant une stratégie de résolution axée sur les séquences du programme bien identifiées ;
- *mettre en œuvre* cette stratégie par un raisonnement maîtrisé ;
- *valider* en ayant un regard critique sur les résultats obtenus et le modèle adopté ;
- *communiquer* en expliquant le raisonnement et en étant réactif avec le jury ;
- *être autonome* en présentant son interprétation du sujet et son orientation de résolution.

Cette épreuve constitue une prise d'initiative du candidat. Il trouve l'occasion de mobiliser les connaissances et le savoir-faire acquis au cours des années de préparation pour expliquer, illustrer, prolonger, voire approcher de nouveaux concepts scientifiques et technologiques en lien avec le texte, sans dérive calculatoire. Le choix des problématiques abordées dans l'épreuve permet d'évaluer la curiosité, le sens de l'observation, la créativité, le réalisme et l'analyse critique du candidat, ainsi que sa capacité de synthèse et son adaptabilité face à une technologie de pointe dans une société en mouvement.

Le problème permet au candidat de débattre d'une proposition de résolution (choix du modèle, établissement des hypothèses, stratégie de résolution) dont une première approche de simple observation, effectuée sans calculs, est le préambule à un traitement élégant et épuré. Le candidat doit élaborer un schéma modèle, extraire les informations du document mis à sa disposition, identifier les grandeurs physiques pertinentes et leur degré d'influence sur le phénomène physique (analyse dimensionnelle). Lors du choix et de la mise en œuvre de la stratégie de résolution, le cours constitue une véritable « boîte à outils » ; sa mobilisation et sa restitution sans faille ont une influence majeure sur la note globale, la résolution de problème en étant une version « masquée ». On attend que les candidats jugent de la pertinence de leurs résultats, identifient les erreurs (inhomogénéité ou dénominateur qui peut s'annuler) et les corrigent spontanément sans l'intervention du jury. La conclusion, aussi réaliste soit-elle, ne doit pas se restreindre à une valeur livrée sans justification ni être issue d'une méthode standardisée, sous peine de risquer le hors sujet. Les candidats ne doivent pas non plus limiter leur exposé à une approche purement mathématique, sans dégager à chaque étape sens physique et interprétation.

La maîtrise du formalisme et du vocabulaire scientifiques est essentielle et symptomatique de la bonne compréhension du candidat. La transversalité souhaitée dans cette épreuve entre les sciences humaines et les sciences dites « dures » autorise l'analyse étymologique d'un mot pour permettre ou faciliter l'interprétation du phénomène ou de la propriété qu'il décrit (gradient, divergence, ou encore rotationnel).

En s'appuyant sur un schéma, le candidat doit communiquer l'avancée de son raisonnement initié en salle de préparation et élaborer sa solution « en direct ». La difficulté majeure de cet « entretien » entre le candidat et les deux membres du jury est liée à son caractère interactif et spontané. Cette épreuve exige initiative, écoute et réactivité.

De très nombreux candidats ont tiré profit de la phase préparatoire pour s'approprier la résolution de problème et mobiliser leurs connaissances en vue de l'entretien. Le jury a apprécié la bonne maîtrise du cours mais regrette souvent l'absence d'une « ligne claire », simplificatrice du raisonnement et d'un certain pragmatisme né d'une culture expérimentale. Au cours de l'interrogation scientifique, le jury aurait aimé voir plus souvent une introduction à la résolution de problème et une première approche descriptive de la stratégie de raisonnement adoptée. Cette démarche assurerait un bon cadrage du sujet et éviterait au candidat les malentendus ou les impasses de raisonnement.

Ont fait défaut aux candidats : la capacité d'analyse préalable de la problématique (qui ne doit pas être une paraphrase inutile de l'énoncé) et sa modélisation en vue d'une résolution rapide et simplifiée, l'aptitude au dialogue et à l'écoute nécessaire pour une réorientation du raisonnement. La compétence de modélisation, le plus souvent non guidée par l'énoncé, est un réel obstacle pour beaucoup. Les candidats méconnaissent les grandeurs numériques (ne pas omettre les unités) alors qu'elles sont exigées par le programme ; d'autres sont issues de calculs simples, accessibles sans calculatrice.

C'est la compétence de mise en œuvre (ou réalisation) qui est la mieux partagée. Les candidats sont en général à l'aise dans les calculs mais peinent souvent à leur donner un sens et à interpréter les résultats obtenus. Des fragilités inhabituelles sont à signaler pour le calcul d'intégrales, la manipulation des nombres complexes et la résolution d'équations différentielles.

Les connaissances restent approximatives dans de nombreux domaines techniques pourtant d'usage courant ou d'intérêt général : GPS, énergie renouvelable, pourcentage de l'énergie électrique issue des centrales nucléaires françaises, leur principe de fonctionnement, 230 V - 50 Hz, puissance consommée par divers appareils électriques, fréquences dans les domaines acoustiques et électromagnétiques, intensité du champ magnétique terrestre, masse volumique de l'air ou de l'eau, empreintes carbone etc.

### Thermodynamique et bilans macroscopiques

La thermodynamique (vue en première année est trop souvent oubliée ou mal maîtrisée) est essentielle pour comprendre le fonctionnement de nombreux dispositifs industriels. Leur étude est difficile pour les candidats dont les connaissances restent très théoriques et pas assez orientées sur les machines réelles.

Le premier principe est appliqué sans discernement (phase condensée, gaz parfait ou source idéale de chaleur) à cause de l'absence de définition du système et de précision sur les hypothèses adoptées (isobare, isochore...). La confusion entre transformation adiabatique et transformation isotherme a été plusieurs fois rencontrée. Il est fortement conseillé de préciser (sur un schéma) le système successivement dans son état initial et son état final. Les transferts énergétiques sont mal définis, le principe en est vidé de son sens et il perd tout lien avec la réalité physique. Son application sur un volume de contrôle élémentaire entre deux instants voisins est souvent laborieuse. Le choix des fonctions d'état est fait par habitude et fréquemment non justifié. Le travail est très souvent associé uniquement aux forces pressantes et de nombreux candidats font des erreurs de signes, assimilent la pression extérieure à la pression du système quelle que soit la nature de la transformation. L'exploitation et la signification du second principe posent beaucoup de problèmes.

Pour les changements d'état, si la description qualitative en diagramme d'état est bien menée, l'analyse quantitative est beaucoup plus délicate.

Les bilans macroscopiques de seconde année, qui prolongent l'étude des machines thermiques réalisées en première année, ont connu plus de succès, mais le bilan de quantité de mouvement d'un système à masse variable (fusée) reste mal maîtrisé (notions de système ouvert ou fermé) et les étudiants adoptent préférentiellement une étude dynamique alors qu'une analyse énergétique permet d'accéder de façon simple à la puissance (éolienne).

### Phénomènes de transport

La loi de Fourier est bien connue des candidats mais l'analogie électrique et la résistance thermique sont peu utilisées. Le candidat part systématiquement de la loi de Fourier ou propose d'emblée l'équation de la chaleur sans terme source, quelle que soit la question posée.

L'équation de la dispersion de l'effet de peau dans le cas de l'onde thermique (mais aussi de l'onde électromagnétique dans un conducteur) est parfaitement maîtrisée dans sa méthode de résolution ; c'est son établissement qui est difficile. Peu pensent à utiliser le modèle de l'onde plane progressive harmonique (OPPH) avec un vecteur d'onde complexe.

Les candidats confondent fréquemment équation de diffusion et équation de propagation.

Le théorème de Bernoulli avec ses conditions d'application est bien connu, mais son utilisation dans un contexte original, avec ou sans perte de charge, reste difficile. Le nombre de Reynolds est bien défini et correctement utilisé pour justifier le choix d'un profil de vitesse. Les candidats connaissent les ordres de grandeur relatifs aux fluides en écoulement.

Il y a souvent confusion entre le caractère compressible ou incompressible du fluide et, lorsqu'il est au repos, la résultante des forces de pression sur un barrage a posé beaucoup de problèmes à cause du passage de la force élémentaire à la force globale.

### Mécanique du point et du solide

Cette partie est inspirée du programme de première année : le portrait de phase, les mouvements à force centrale et leurs propriétés, les accélérateurs de particules et les oscillateurs. Ces notions sont peu revues en seconde année et souvent oubliées ; l'entretien ne les envisage pourtant que dans des situations simples. Il est indispensable de maîtriser la cinématique d'un mouvement circulaire, de connaître l'expression de l'énergie mécanique d'un système en trajectoire elliptique, de retrouver rapidement les vitesses de satellisation et de libération. Il est souhaitable que le candidat puisse tracer rapidement le profil d'énergie potentielle effective et décrire qualitativement la nature du mouvement en fonction de la valeur de l'énergie potentielle. La troisième loi de Kepler est couramment utilisée et peu démontrée.

Le bilan des forces (qualitatif puis quantitatif) est mal mené (ou incomplet) et l'interprétation des mouvements fait défaut. Un schéma, avec repère adapté et représentation des forces et des champs, est nécessaire pour initier et fonder le raisonnement (difficile de projeter une force sans l'avoir représentée sur un schéma). Les candidats ne savent pas écrire le théorème du moment cinétique scalaire et le « bras de levier » n'est quasiment pas utilisé. Les candidats se perdent dans des calculs de produits vectoriels chronophages et sources d'erreur. Une confusion récurrente a été remarquée entre puissance et travail.

La mécanique du solide, souvent vue au cours des années de préparation en corrélation avec les sciences de l'ingénieur, a été bien traitée. Mais la notion de couple de forces n'est pas comprise.

Il faut être prudent avec le formalisme mathématique. Il n'est pas rare de voir une égalité entre une grandeur scalaire et un vecteur, une comparaison entre vecteurs, une base polaire mal orientée, un module négatif... Les étudiants n'ont pas le réflexe d'utiliser la représentation complexe pour résoudre l'équation différentielle d'un oscillateur en régime sinusoïdal forcé. Les formules trigonométriques font souvent défaut.

## Électronique

Le niveau global est insuffisant. Les candidats ne savent pas identifier dans quel régime le circuit fonctionne (libre ou forcé, transitoire ou stationnaire, sinusoïdal forcé ou continu). L'analyse du circuit en régime sinusoïdal forcé s'effectue trop souvent dans le domaine temporel, l'impédance n'est pas utilisée et la notation complexe en lien avec l'équation différentielle mal connue. Beaucoup de candidats confondent la fréquence propre d'un filtre avec la fréquence de coupure de sa fonction de transfert. Si les asymptotes se « coupent » effectivement à la fréquence propre dans le diagramme de Bode asymptotique, elle n'est pas pour autant la fréquence de coupure du filtre pour le diagramme réel.

Les candidats manquent de culture et d'expérience en électronique, ils ne connaissent pas les principes de fonctionnement et les ordres de grandeur des paramètres caractéristiques d'appareils courants tels que l'oscilloscope, la GBF, les batteries, piles et moteurs...

La reconnaissance des fonctions attachées à divers Amplificateurs Linéaires Intégrés (ALI) est acquise, elle s'accompagne néanmoins d'erreurs sur leur utilisation dans l'analyse élémentaire des circuits électriques. Les raisonnements sont effectués sur des montages simples qui ne nécessitent que l'utilisation des lois de Kirchhoff ou des ponts diviseurs (souvent difficilement reconnus). Si le théorème de Millman est utilisé (non exigible selon le programme), il doit l'être avec rigueur : les étudiants doivent avoir en tête qu'il est une réécriture de la loi des nœuds. En conséquence, les courants doivent être exprimables, ce qui n'est pas le cas en sortie de l'ALI.

Les questions en rapport direct avec les activités expérimentales d'électronique (analyse de montages et de chronogrammes par exemple) donnent lieu à des réponses calculatoires fastidieuses alors que sont attendus : analyse préalable du circuit électrique, décomposition de son fonctionnement, discussion sur les réglages ou dimensionnement des composants utilisés. Les formes canoniques précisant la nature des filtres sont données aux candidats ; ils doivent être capables de les reconnaître et d'en tracer le diagramme de Bode asymptotique. Cette épreuve ne peut pas être calculatoire au regard de l'esprit du programme ; l'analyse par schémas-bloc d'un système électronique simple s'avère nécessaire.

La séquence modulation-détection a beaucoup inspiré les candidats. Mais les ordres de grandeur des fréquences utilisées pour les signaux radio AM, FM et la téléphonie mobile (ou le Wi-Fi) sont mal connus. Le programme indique clairement les valeurs numériques que chacun doit retenir. En électronique numérique, la condition de Nyquist-Shannon est à revoir, ainsi que le phénomène de repliement de spectre.

## Électromagnétisme

Les équations de Maxwell sont connues, mais les idées restent confuses quant à leur contenu physique. Les invariances et les considérations de symétries sont trop souvent omises ; les théorèmes d'Ampère et de Gauss sont en conséquence appliqués sans rigueur, ils peuvent parfois être avantageusement remplacés par les relations sous forme locale (un formulaire est à disposition des candidats). Si les calculs de champs sont en général aboutis, l'analyse des cartes de champs et des surfaces équipotentielles s'avère très laborieuse : toujours beaucoup de calculs, peu d'interprétation physique.

Les phénomènes d'induction pourtant omniprésents dans le programme ne sont pas identifiés ou mal compris. Des erreurs sont à noter dans les conventions de signe ou d'orientation (f.é.m., forces de Laplace, travail moteur ou résistant). L'induction est étudiée comme devant produire un courant induit alors que celui-ci n'existe que dans un circuit fermé. La recherche d'une tension induite n'est pas spontanée.

Les activités expérimentales relatives aux matériaux ferromagnétiques (cycle d'hystérésis) sont inégalement abordées et les montages mal maîtrisés. Le vecteur aimantation est inconnu pour beaucoup de candidats. Insistons sur le fait que l'approche expérimentale correspond à un ensemble de compétences exigibles susceptibles d'être évaluées au cours de cette épreuve d'entretien.

### Conversion de puissance

La puissance électrique en régime sinusoïdal, la définition du facteur de puissance et son lien avec la représentation des tensions et des courants sur un diagramme de Fresnel ont posé beaucoup de problèmes cette année, comme le fonctionnement du moteur à courant continu expliqué par analogie avec le moteur synchrone. Les candidats ont tendance à utiliser des formules toutes faites (lien entre force contre électromotrice, courant électrique et couple de Laplace), des raisonnements « standard » qu'il faut être capable de justifier à la demande du jury pour un développement plus élaboré et pertinent.

Le fonctionnement du hacheur série assurant l'alimentation d'un moteur à courant continu à partir d'un générateur de tension continue, l'onduleur et le transformateur ainsi que ses applications sont en revanche bien assimilés.

### Physique des ondes

Le cours sur les ondes électromagnétiques est su et souvent « récité » mais hors contexte. Toute situation originale et contextualisée pose d'énormes difficultés, les candidats ne voyant pas comment utiliser leurs « outils théoriques » sur des cas concrets (énergie d'une onde électromagnétique absorbée par les tissus organiques, onde évanescence à l'interface verre/air...).

Il est difficile pour certains d'expliquer la signification exacte de O.P.P.H. (onde plane progressive harmonique) ou de définir une surface d'onde. Les ordres de grandeur des flux énergétiques surfaciques sont mal connus. La propagation des ondes dans les plasmas n'est pas assimilée, de même que la notion d'énergie propagée. La notion de paquet d'ondes est mal comprise.

On constate, encore cette année, une méconnaissance de l'équation de d'Alembert (dans les cas de la corde vibrante et de l'onde sonore notamment) ; les hypothèses et les approximations nécessaires à son établissement ne sont pas cernées. Cela a lourdement hypothéqué tout raisonnement relatif aux ondes.

Beaucoup de candidats sont déroutés par des questions simples de compréhension sur le son, sur l'intérêt de l'échelle en dB ou des calculs élémentaires sur l'intensité sonore.

La notion d'impédance acoustique est connue d'un point de vue formulation mais reste inexploitée. Les relations de passage d'une onde sonore d'un milieu dans un autre ne sont pas du tout maîtrisées. À défaut de les démontrer, il est utile de connaître les expressions des coefficients de transmission et de réflexion en amplitude de surpression, en amplitude de vitesse ou en puissance et de relier l'adaptation des impédances au transfert maximum de puissance. La situation décalée de l'isolation phonique a été difficile à traiter.

La mise en œuvre d'une détection synchrone pour mesurer une vitesse par décalage Doppler reste un sujet difficile pour les candidats.

### Optique géométrique

L'optique géométrique (point d'appui à des approches expérimentales selon le programme), même si elle est limitée aux lois simples et à quelques tracés illustratifs, n'a pas donné de bons résultats ; les tracés optiques les plus élémentaires ne sont pas assimilés, ni les rayons lumineux orientés. L'optique « pratique » fait totalement défaut aux candidats : ils ne peuvent pas démarrer la résolution du problème car ils ne savent pas exploiter les données fournies (grossissement, caractéristiques d'une lunette, d'un viseur...). Rappelons que les relations de conjugaison et les caractéristiques d'un instrument optique ne sont pas exigibles ; elles sont systématiquement précisées sur le document projeté. Le vocabulaire de l'optique est mal maîtrisé. Les termes grandissement, grossissement et agrandissement sont sans distinction pour un bon nombre de candidats. C'est un écueil récurrent qui met tout de suite en évidence le manque de compréhension et d'analyse. Une réflexion préalable à l'utilisation des formules de conjugaison est indispensable. Les candidats sont invités à mettre en place un « schéma de conjugaison » indiquant les points conjugués et les systèmes avant de se lancer dans une exploitation mathématique des formules. Il

est aussi nécessaire de réfléchir aux questions relatives à la fibre optique qui restent inabordables pour beaucoup d'étudiants.

Il est plus que jamais nécessaire de lutter contre la volatilité des connaissances, le programme de première année est exigible dans cet entretien mais reste trop lointain pour de nombreux candidats.

## Chimie

Les candidats doivent pouvoir établir rapidement la structure électronique d'un élément chimique permettant de conclure sur l'ion le plus stable formé ou sur la nature magnétique du matériau.

Les bases de l'oxydoréduction sont bien maîtrisées mais les candidats ont du mal à interpréter une situation même simple. Les structures des piles sont connues, la formule de Nernst est bien utilisée et les analyses à l'anode et à la cathode sont justes mais la discussion sur les chutes de tension (ohmique et cinétique) est très limitée voire inexistante. Il est difficile de faire le lien entre l'enthalpie libre de réaction et la force électromotrice d'une pile.

Les diagrammes E-pH ne font l'objet que de calculs et les candidats se heurtent à bien des difficultés quand il s'agit de les interpréter.

L'application des principes de la thermodynamique à une transformation chimique est très approximative. On constate toujours les confusions usuelles entre  $\Delta_r G$  et  $\Delta_r G^\circ$ , ainsi qu'entre constante d'équilibre et quotient réactionnel. Les candidats méconnaissent la notion d'état standard. Faute de connaissances en thermochimie et de compréhension des outils mis en jeu, les candidats ne peuvent dépasser le stade de la récitation de quelques formules. Par exemple, pour la détermination d'une température de flamme, beaucoup livrent une expression toute faite sans réflexion ni justification et omettent systématiquement la présence du diazote.

Lorsqu'il s'agit de prévoir l'évolution d'une réaction ou les conditions opératoires qui permettraient de l'améliorer ou de la stopper, l'utilisation correcte de l'enthalpie libre de réaction pose de sérieux problèmes. Les réponses se réduisent trop souvent aux principes de modération.

Les questions relatives à la cinétique électrochimie, aux phénomènes de corrosion humide, aux conversions et stockages d'énergie ont donné lieu à des prestations satisfaisantes.

Pour finir, il est regrettable que certains candidats fassent une impasse pénalisante sur la chimie.

## Conseils aux futurs candidats

### Pendant l'année

Il faut lire les journaux et suivre l'actualité, et pas seulement l'actualité scientifique ou technologique. Il faut penser à vous enrichir mais aussi à vous distraire : certaines lectures, certains films sont certes agréables mais aussi exploitables dans l'optique de cette épreuve, à commencer par la science-fiction, mais pas seulement !

Il faut s'entraîner à prendre la parole en public, et faire au moins deux fois l'exercice consistant à produire un exposé dans un temps limité en surveillant votre montre ou votre chronomètre : c'est une compétence nécessaire, qui s'acquiert facilement avec un peu d'entraînement.

La résolution de problème est une démarche qui ne s'improvise pas le jour de l'épreuve, elle est l'aboutissement de deux années de préparation. Tout au long de cette période et à chaque problème proposé, qu'ils soient au tableau ou devant une feuille de composition, les candidats doivent faire l'effort d'avancer de façon méthodique (voire systématique) selon la démarche suivante pour l'automatiser :



- Introduction - s'approprier le problème
  - introduire le sujet en précisant la problématique ;
  - l'illustrer par un schéma modèle ;
  - extraire les informations utiles de l'énoncé.
- Analyser (établir une stratégie de résolution)
  - identifier les séquences du programme concernées ;
  - quelles sont les hypothèses à adopter ?
  - quelles sont les lois à mobiliser ?
- Réaliser (mettre en œuvre la stratégie de résolution)
  - énoncer les lois ;
  - développer le raisonnement en précisant chaque étape (contrôler les homogénéités) ;
  - encadrer le résultat.
- Conclusion - valider (avoir un regard critique sur le résultat obtenu et le modèle adopté)
  - interpréter le résultat ;
  - répond-il bien à la problématique ?
  - vérifier sa pertinence ;
  - si nécessaire, améliorer le modèle et revenir sur les hypothèses adoptées.
- Ouverture

Situer (si c'est possible) l'exercice dans l'histoire des sciences et des idées, dans l'actualité scientifique ou dans son application dans la vie courante ou l'industrie.

#### Préparation en salle

Pendant la lecture de l'article, les candidats doivent se reporter au dictionnaire si des mots sont inconnus ou difficiles, il y a des chances pour que le jury vous demande leur signification lors de l'examen. NB : les dictionnaires comportent aussi une (petite) partie « Noms propres ».

*Préparation de l'exposé* : l'introduction et la conclusion doivent être soignées ; ce sont les deux moments de l'exposé qui doivent être posés et surtout ne pas être improvisés. La gestion des notes est importante. Celles-ci doivent être lisibles, écrites seulement sur le recto, les feuilles doivent être numérotées. Les candidats doivent être capables au cours de l'exposé de consulter à la fois leurs notes, leur article, leur montre (ou leur chronomètre) et regarder le jury.

*Résolution de problème* : un quart d'heure avant la fin de la préparation, les candidats prennent connaissance du problème ; ils doivent prendre le temps de la réflexion pour construire un schéma modèle et situer le problème dans la séquence du programme concernée en rappelant les étapes de raisonnement et les résultats du cours.

#### Aspect général

Moins l'aspect des candidats peut donner prise à un commentaire, mieux ce sera : il faut s'habiller de façon neutre et avec une tenue simple et correcte pour un concours officiel : ni tête rasée ni cheveux trop longs ; pas de tee-shirt imprimé (il faut préférer le polo ou la chemise au tee-shirt), pas d'espadrilles, pas de décolleté ni de short ni de jupe trop courte. Le contact établi avec le jury est une compétence, notamment pour la partie Exposé (voir plus bas).

## Exposé

Les candidats ne doivent pas oublier qu'il s'agit d'évaluer sur leurs capacités à communiquer : pas de niveau de langue relâché, évitez les « donc », les « du coup » et les « euh » inutiles sont à éviter. Il doivent se souvenir de trois choses :

1. Ils sont contents d'être là (cela fait deux ans qu'ils se préparent pour cela) ;
2. Il s'adressent bien à deux êtres vivants situés à trois mètres de vous, qui méritent d'être regardés de temps à autre, même brièvement ;
3. Ils disposent de 5 minutes, pas une de plus : respecter la durée de l'exposé est bien une compétence attendue. Il faut donc se munir d'une montre (non connectée) ou un chronomètre, et penser à surveiller son temps de parole ! La réussite à l'exposé en dépend.

La montre doit être posée sur la table de sorte à l'avoir en face de soi : la garder au poignet ne servira pas à grand-chose.

Et... il faut s'entraîner. (voir plus haut.)

## Questions sciences humaines

Si le jury demande le *sens* d'un mot, ce n'est pas pour que les candidats lui explique le sens de la phrase ou du texte : il s'agit bien de parler du mot. Il faut donner, s'il y a lieu, le sens général du mot, éventuellement les sens s'il y en a plusieurs, et seulement ensuite le sens pris par le mot dans le texte. Il ne faut pas hésiter à commenter s'il y a lieu la *composition* du mot (ex. : « le mot *cislunaire* est composé du préfixe *-cis*, du radical *lune* et du suffixe *-aire* qui sert à former l'adjectif ». Les candidats doivent aussi signaler, s'il y a lieu, les homonymies : « *auspices*, qu'on ne confondra pas avec *hospices* ».

## Résolution de problème

Le tableau, en fin d'épreuve, est une « représentation » de la performance des candidats. Il faut le structurer, y élaborer des schémas clairs et exploitables (préciser les données utiles et utiliser la couleur), nommer les axes lorsqu'une courbe est nécessaire, numéroter les phases successives de raisonnement et encadrer les résultats importants. Le tableau final reste l'« image » de la pensée des candidats, elle doit apparaître fluide et organisée.

## Conclusion

Le niveau général des candidats est stable par rapport aux années précédentes, avec un peu moins d'excellents candidats semble-t-il, mais également un peu moins de très mauvais candidats. On attribuera la baisse sensible de candidats catastrophiques à la bonne connaissance des attentes du jury de la part de la plupart, et à un certain sérieux dans la préparation à cette épreuve, du moins pour une partie d'entre eux. Les meilleurs, par leur capacité d'analyse, leur esprit critique et leur culture, alliés à un réel talent pédagogique se sont vu attribuer la note maximale. À l'autre bout de l'échelle, d'autres heureusement rares, sont très faibles : ils gèrent mal le temps qui leur est imparti pour l'exposé, ils sont souvent prisonniers de leurs notes, dans lesquelles ils se perdent, ils ont du mal à s'exprimer dans une langue correcte, ils ne parviennent pas à rendre compte du texte à étudier, leur culture générale et scientifique est souvent déficiente, et ils ne parviennent pas à conserver le contact avec les examinateurs.

# Allemand

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve orale d'allemand prend appui sur des articles extraits de quotidiens et hebdomadaires de la presse allemande et de médias en ligne. L'accent est mis sur des textes récents, mais qui permettent de mettre en valeur la préparation des candidats sur deux ans ainsi que leur maîtrise de la civilisation. Les textes pour l'épreuve obligatoire se distinguent des textes proposés à l'épreuve facultative par leur longueur et par leur densité lexicale.

Les candidats sont invités à faire un choix réfléchi entre deux textes, puis, au terme d'une préparation de 20 minutes dans la salle d'examen, ils doivent proposer un compte-rendu et un commentaire (10 minutes en tout) suivis d'un entretien de 10 minutes avec le jury. Les candidats préparent dans la salle où ils passent ensuite devant le jury, ils ont donc à anticiper le bruit que peut occasionner le passage du candidat précédent (protections auriculaires).

Le jury privilégie les prestations qui rendent compte de la richesse des documents et de la manière particulière dont ces derniers abordent un problème.

Les premières questions du jury peuvent pousser le candidat à éclaircir un point de sa présentation ou un aspect du texte qui a été négligé, puis le candidat est guidé par des questions vers une exploitation plus large. Les questions sont ouvertes et doivent conduire à des réponses étoffées. Le jury ne se prive pas de poser une deuxième question quand une réponse est jugée trop brève, trop vague ou trop abstraite.

Le compte-rendu doit s'éloigner de la paraphrase et être autant que possible structuré. Le commentaire ne doit pas être un commentaire plaqué ni hors sujet bien entendu. Lors de l'échange, l'examineur évalue l'aptitude du candidat à s'exprimer spontanément en allemand et à communiquer en s'adaptant à son interlocuteur et à ses questions.

## Analyse globale des résultats

Les prestations en langue obligatoire sont cette année encore généralement de très bonne qualité. Elles font état d'une excellente préparation en amont, notamment sur le plan méthodologique et en matière de civilisation. La capacité à proposer une langue authentique sur le plan phonétique se généralise et on est à présent pour la quasi-totalité des candidats très loin d'un écrit oralisé ou d'une conceptualisation en français traduite dans l'urgence. Les échanges avec le jury ont été généralement fluides et soutenus, et c'est souvent avec le regret de ne pas poursuivre que l'examineur a pris congé du candidat à l'issue de l'épreuve.

En langue facultative, les résultats sont plus hétérogènes. Le jury a pu toutefois noter que le nombre de prestations très faibles ou faisant état d'une préparation insuffisante a considérablement baissé. Il se réjouit de la motivation de ces candidats pour qui la LVB n'est pas seulement un acquis supplémentaire, mais un réel investissement et une compétence qui pourra être valorisée de manière décisive sur le plan professionnel.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Le compte-rendu et le commentaire

Les candidats sont invités à proposer une introduction soignée qui rend compte de la problématique générale de l'article, de la singularité de son approche et de sa pertinence par rapport à l'actualité.

Répéter le titre, le paraphraser, ou insister lourdement sur la date de publication lorsqu'elle n'a pas de signification particulière ne fait qu'alourdir la présentation. Les erreurs de genre sur des mots aussi courants que *der Text*, *der Artikel*, *die Zeitung* et les compléments de temps erronés pour évoquer une date ou une année sont à proscrire.

Le compte-rendu lui-même ne saurait se réduire à une paraphrase, il doit en effet privilégier la structuration autour de thématiques pertinentes et la reformulation. Il convient en outre de bien doser la répartition entre compte-rendu et commentaire, de marquer clairement le passage du compte-rendu au commentaire et de concevoir cette transition comme un enchaînement logique. Un compte-rendu trop bref peut laisser penser que le texte survolé a été mal compris, un compte-rendu trop long peut laisser entrevoir que le candidat n'a pas assez de ressources pour le commentaire. Dans tous les cas il convient de rester dans le délai imparti de 10 minutes en tout pour ces deux phases. Rappelons enfin que si le texte prend à contre-pied une opinion généralement acquise, il convient dans cette phase de respecter l'opinion de l'auteur en notant l'originalité surprenante de son approche, et non de refondre la pensée de l'auteur dans un point de vue plus convenu.

Le commentaire doit être problématisé et structuré et il n'est pas question de faire un exposé plaqué résultant d'un bachotage. Il doit tenir compte de la spécificité du texte et ne doit pas se limiter à un exposé thématique général appris par cœur. Cette année, par exemple, trop de candidats ont voulu à tout prix répondre à la question „*Welche Veränderungen ergeben sich aus dem Angriff auf die Ukraine ?*“, alors que le texte concerné ne s'y prêtait pas vraiment. Ces considérations géopolitiques étaient en revanche pertinentes pour d'autres textes. De manière générale, les références concrètes à l'actualité et la civilisation des pays germanophones sont bienvenues. Ainsi, sur le sujet de la tolérance religieuse et de l'apport de la culture juive à la culture germanique, certains candidats ont pu valoriser leurs connaissances sur l'*Aufklärung*. Il en a été de même au sujet de la vie démocratique en Allemagne ou des institutions. Il a été toutefois constaté des lacunes chez certains candidats de langue optionnelle au sujet de la relation franco-allemande, des Traités de l'Elysée et d'Aix-la-Chapelle, ou encore au sujet des partis politiques allemands et de leur orientation idéologique.

### **L'entretien avec l'examinateur**

Les examinateurs sont bienveillants dans la phase d'entretien de 10 minutes et cherchent surtout à favoriser l'échange pour que les étudiants puissent déployer leurs connaissances linguistiques. En aucun cas n'est attendue une érudition absolue ni une solution définitive aux problèmes de notre temps. Les candidats, qui sont invités à bien maîtriser le vouvoiement, doivent accepter avec enthousiasme et confiance ces questions ouvertes qui leur sont posées et ne pas se réfugier dans l'abstraction ni dans des réponses très brèves. Naturellement, dans cette phase, la connaissance de l'actualité et de la culture des pays germanophones est une fois de plus un point d'appui considérable pour le déploiement fluide de la langue. Pour ne pas rester bloqué dans des impasses du type „*es ist kompliziert*“, il convient de prendre ses distances vis-à-vis des généralités et de privilégier l'argumentation concrète.

### **La correction de la langue**

La fluidité, le respect de la phonétique et la correction morphosyntaxique demeurent des critères pour départager les candidats. Certaines règles phonétiques sont malmenées (o long fermé dans *Hochschule* et o bref ouvert dans *Rolle* ou *wollen*, i long dans *Miete* et non i bref comme dans *Mitte*). Chez les candidats de langue optionnelle surtout, il convient de combler des lacunes portant entre autres sur l'ordre de la phrase, les degrés de l'adjectif, la conjugaison des verbes forts ou la rectification des verbes. Pour mémoire, la déclinaison du groupe nominal n'est pas un casse-tête chinois, mais un mécanisme cohérent ayant pour but de délivrer du sens.

Sur le plan lexical, les candidats devraient veiller à enrichir leur lexique au niveau du groupe verbal et à ne pas systématiser l'usage de l'expression „*es gibt*“. Ils se prépareront de même à citer les noms de pays

et à pouvoir en évoquer les habitants (noms géographiques et ethnonymes). Parmi les lacunes relevées cette année, *die Ukraine, Russland, der Franzose (-n, -n), der Amerikaner (-), die neuen Länder, der Westen*, etc.

Ils se garderont enfin de toute confusion avec l'anglais. Dans cette perspective, il conviendra de maîtriser l'emploi du complément d'agent en allemand, ainsi que des expressions comme *Geld aus/geben, eine Partnerschaft auf/bauen, Zeit verschwenden, eine Frage auf/werfen (i,a,o)* et des mots comme *zeigen, werden, die Verbindung, das Klima, Asien*, etc.

## **Conclusion**

Tant pour la langue obligatoire que pour la langue facultative, l'épreuve d'allemand se veut donc une épreuve ouverte, diversifiée, proposant plusieurs étapes, et donc plusieurs occasions de mettre en valeur son travail et ses qualités linguistiques. Les futurs candidats sont encouragés à aborder cette épreuve avec un allant dont on sait qu'il libère l'expression et valorise les acquis.

# Anglais

## Présentation de l'épreuve

Les modalités de l'épreuve, identiques en langue obligatoire et facultative, sont désormais bien connues et maîtrisées : dans les vingt minutes qui leur sont imparties, les candidats doivent choisir entre deux articles issus de la presse anglophone récente, préparer un compte-rendu synthétique structuré et un commentaire argumenté et étayé de l'article en question, qu'ils présentent ensuite à l'examinateur pendant dix minutes maximum. La deuxième partie de l'épreuve, qui dure une dizaine de minutes, consiste en un échange avec l'examinateur.

Les articles comportent entre 500 et 600 mots, datent de moins d'un an, et traitent par conséquent de l'actualité de l'année. La note attribuée prend en compte, à parts égales, la recevabilité de leur anglais, la qualité de la prise de parole en continu et la capacité à échanger de manière pertinente. Il est à noter que les candidats préparent et passent dans la même salle : il est donc conseillé de se munir de bouchons d'oreilles, afin de ne pas être gêné par la prestation du candidat précédent. Les candidats peuvent écrire sur le document pendant leur préparation s'ils le souhaitent.

## Analyse globale des résultats

Les notes vont de 2 à 20 et reflètent l'hétérogénéité des prestations. Toutefois, on constate que l'immense majorité des candidats connaît les attendus de l'épreuve. Rares sont les prestations indigentes et un nombre non négligeable de candidats, pas tous anglophones, se voient attribuer la note maximale. Quelques candidats, notamment en langue facultative, semblent toutefois moins préparés à cette épreuve et proposent des prestations beaucoup trop courtes.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Le compte-rendu

En préambule, il convient de proposer une phrase d'amorce dynamique et pertinente avant d'embrayer sur la présentation de l'article (type, auteur, date, titre du périodique, thématique). Bien que la majorité des candidats aient tenu compte de cette consigne, ils sont encore trop nombreux à occulter la spécificité de l'article et de son point de vue, comme en témoignent des formules passe-partout ("*the document talks about...*", "*it's an informative article dealing with...*"). De même, faire l'impasse sur le statut de l'auteur lorsqu'il s'agit d'une tribune ou d'un éditorial sur un sujet manifestement clivant revient à se méprendre sur la nature de l'article et la teneur de son argumentation. Pour éviter cet écueil, on sera attentif aux indices donnés sur l'auteur dans le titre et le corps de l'article (comme, par exemple, le témoignage d'un des déboulonneurs de la statue d'Edward Colston dans un article intitulé "*I'm one of the Colston Four...*") ou encore à partir de simples déductions (le point de vue d'un chef d'entreprise dans un article intitulé "*My Business Will Boycott the Metaverse*"). Dans de rares cas, la méconnaissance de termes politiques courants (*Tories* pour les conservateurs britanniques, *MPs* pour les députés de la Chambre des Communes, *Rep.* pour *Representative* et non *Republican*) aboutit à des contresens majeurs sur la perspective de l'article.

Même si la grande majorité des articles proposés s'inscrivent dans une certaine neutralité journalistique, il n'est pas inintéressant de relever la coloration politique de l'organe de presse en question, la qualité des personnes interrogées ou le recours à des études scientifiques ou des enquêtes menées par des organisations non scientifiques. De manière plus cruciale, il faut situer l'article dans son contexte géographique et

culturel ou mentionner a minima le pays anglophone concerné. De telles considérations seraient sans doute plus utiles que des remarques sur la division de l'article en trois voire quatre parties artificielles.

Quant au compte-rendu en lui-même, il est dans l'ensemble relativement bien maîtrisé et donne rarement lieu à des contresens en cascade. Comme dans les rapports précédents, il faut rappeler la nécessité d'articuler le compte-rendu autour de trois ou quatre idées-forces contenues dans l'article. Cette présentation synthétique permet d'éviter l'écueil de la paraphrase et celui du résumé paragraphe par paragraphe qui donne lieu à une accumulation de formules gauches (*"Then the journalist says that ..."*). Le compte-rendu permet d'évaluer la capacité du candidat à hiérarchiser les informations et à en restituer l'essentiel de manière fidèle et structurée, sans aucun apport ni avis personnel. Sont pénalisés les comptes-rendus trop brefs (moins de 2 minutes), souvent trop allusifs et lacunaires, et ceux qui souffrent de longueurs et de redites (plus de 6 minutes) et témoignent d'une certaine myopie face à l'article. Ces derniers sont de fait doublement sanctionnés puisque le commentaire se voit réduit comme peau de chagrin. Idéalement, un compte-rendu efficace doit viser une durée qui ne dépasse pas 4 minutes et ménager assez de temps pour une transition vers le commentaire.

Notons également que la fin de l'article est parfois escamotée dans la restitution, ce qui est d'autant plus préjudiciable qu'elle contient bien souvent une idée essentielle et des pistes de réflexion fécondes pour le commentaire.

### **Le commentaire**

Le commentaire doit être précédé d'une transition qui permet au candidat d'explicitier sa démarche et de dégager une problématique à partir des enjeux soulevés par l'article. Il est également attendu du candidat qu'il annonce un plan pertinent et cohérent en adéquation avec la problématique choisie. Il s'agit d'une étape essentielle qui permet au jury de suivre la progression du commentaire.

La formulation de la problématique demeure le maillon faible de nombreuses prestations perfectibles : soit elle souffre d'un excès de généralité ou de naïveté (comme le recours au sempiternel *"To what extent... ?"* pour s'interroger sur l'utilité des technologies, l'existence du changement climatique ou encore l'injustice de la discrimination raciale), soit elle entretient un rapport ténu avec l'article choisi et cible mal les enjeux en regard de la thématique ou de l'aire culturelle concernée. Ainsi, de nombreuses problématiques abordent le système éducatif, le système de santé ou bien le système judiciaire sans préciser quels pays anglophones sont concernés et mis en regard. Par exemple, tel article sur le droit des femmes en Grande-Bretagne sert de prétexte à une discussion exclusivement tournée vers les États-Unis sans justification préalable.

Comme le soulignent les rapports précédents, le commentaire ne doit pas donner lieu à des plaquages de cours ou des développements malavisés sur l'actualité brûlante. Cette année ayant été particulièrement marquée par le conflit en Ukraine et la révocation de l'arrêt *Roe v. Wade* aux États-Unis, ces références ont été souvent convoquées à mauvais escient. À l'inverse de ces effets de loupe dus à l'actualité, certains commentaires s'inscrivent dans un cadre temporel bien trop large : par exemple, l'allusion à la révolution industrielle (laquelle ?) ou l'invention d'Internet pour tout article ayant trait à la pollution ou aux médias sociaux.

On peut aussi relever deux défauts récurrents dans les commentaires : ceux qui égrènent un catalogue d'exemples hétérogènes sans lien entre eux et ceux qui restent obstinément au niveau des généralités tant sur le plan de l'analyse que des « solutions » apportées. Cela a été souvent le cas pour des sujets tels que le changement climatique, l'impact économique et sociétal de la covid ou le droit à l'avortement.

La réussite d'un commentaire sur un article de presse dépend de quelques critères que nous pouvons rappeler ici : la capacité du candidat à construire une réflexion personnelle et nuancée autour du ou des points de vue exprimés dans l'article, la pertinence et la richesse des exemples donnés et le cas échéant, la prise en compte des spécificités civilisationnelles. Les meilleures prestations ont su créer un dialogue

avec l'article choisi en s'emparant des questions laissées en suspens et en offrant des prolongements à la réflexion.

### **L'échange**

La très grande majorité des candidats réagissent avec une certaine aisance face aux questions posées lors de l'échange. Ils sont invités à préciser ou corriger un point de leur présentation, à fournir des arguments supplémentaires pour défendre leur point de vue. Des réponses trop brèves ou précipitées sont à éviter. Il ne s'agit pas non plus de garder la parole pour répéter ce qui a été dit lors de la prestation ou partir dans un long développement sans rapport avec la question posée. Bien que l'on constate une réelle volonté de communiquer, les réponses demeurent néanmoins parfois superficielles.

### **La qualité de la langue**

Le niveau de langue est globalement satisfaisant. La plupart des candidats s'expriment dans un anglais relativement fluide. Mais il faut noter ici le manque de précision du lexique sur des thématiques courantes comme la protection de l'environnement ou la vie politique, ce qui conduit parfois à des gallicismes et à des barbarismes.

Autre point de vigilance pour les futurs candidats : l'authenticité phonologique, rythmique et intonative. Des terminaisons extrêmement courantes comme *-ed*, *-ism*, *-al* sont mal réalisées, tout comme le /h/ aspiré qui n'est pas là où il devrait l'être ou l'absence de distinction entre le /ð/ de *the* (qui devient /z/) et le /θ/ de *thorny* (qui devient /f/). En outre, le débit très monotone de certains candidats montre que la chaîne parlée anglaise est peu ou mal connue et que les accents de mot et les accents de phrase ne font pas l'objet d'un travail suffisamment attentif lors de la préparation.

### **Conclusion**

Dans l'ensemble, les candidats ont su tirer parti d'une bonne préparation en amont comme en témoignent leur gestion efficace du temps de parole et leur bonne maîtrise du format de l'épreuve. Au-delà du respect des exigences méthodologiques, on saluera d'excellentes prestations de candidats qui, sans être bilingues, se sont distingués par leur grande aisance linguistique et leur connaissance fine des enjeux d'actualité.



# Chinois

## Présentation du sujet

Les textes proposés aux candidats, tant pour l'épreuve de langue obligatoire que facultative, proviennent du journal chinois le *Quotidien du Peuple* (人民日报海外版), de publications chinoises disponibles en France ou sont adaptés à partir d'Internet.

Voici quelques exemples de thèmes abordés par les sujets proposés lors de cette session :

- en 2022, quels sont les événements importants à connaître ?
- des robots pour servir à notre vie quotidienne ;
- le Wechat chinois-Weixin ;
- l'intelligence artificielle sur le marché chinois ;
- pour lutter contre les arnaques téléphoniques, il faut prendre des mesures drastiques ;
- comment construire un environnement Internet plus sain ?
- que nous ont apporté les nuages de pollution ?
- Pékin face à la pollution ;
- les progrès des Chinois ;
- la pensée des étudiants chinois de retour de France ;
- Pékin et Shanghai, les deux villes chinoises ;
- les vacances en Chine.

La longueur des textes proposés est adaptée aux vingt minutes de préparation et le lexique pour les textes de langue facultative reste principalement dans le niveau HSK 5.

Parmi les deux textes proposés par l'examinateur, le candidat choisit librement celui sur lequel il désire être interrogé, et organise sa préparation à sa guise.

## Analyse globale des résultats

Toutes filières confondues, 68 candidats ont été interrogés en chinois (3 absents) : 22 en langue obligatoire et 43 en langue facultative. Le nombre de candidats est beaucoup plus élevé que ceux des années précédentes (47 candidats en 2021). Le jury a eu le plaisir d'assister à d'excellentes prestations révélant une bonne maîtrise de la langue.

Plus généralement, comme l'année précédente, trois catégories de candidats se dégagent :

- les candidats montrant un excellent niveau de chinois, de bonnes connaissances du monde francophone, une richesse de vocabulaire et une approche des structures grammaticales satisfaisantes. Ils savent développer pleinement leurs idées ;
- les candidats bien préparés à l'épreuve, capables de démontrer une compréhension globale du texte et construire le commentaire, mais dont le niveau de lecture et d'expression en langue chinoise reste limité ;
- quelques candidats qui possèdent un vocabulaire restreint pour comprendre suffisamment le texte. Ils peinent à en faire une lecture correcte et un commentaire juste. La discussion, qui n'est pas abordée dans de bonnes conditions, devient dans ce cas impossible.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

La phase de préparation est de 20 minutes (y compris le temps consacré à l'accueil du candidat) et la phase d'interrogation de 20 minutes environ. Avant la préparation, le candidat devra signer la feuille de passage.

Les modalités de l'épreuve de langue vivante obligatoire et de langue vivante facultative sont identiques.

L'épreuve orale chinoise comporte quatre parties : lecture, résumé, commentaire et conversation.

La lecture porte sur un petit extrait désignée par l'examineur. La conversation peut ou non porter sur le sujet. Pour tester la compréhension du texte, l'examineur peut demander aux candidats de traduire le titre du texte choisi. Les compétences requises sont toutes indispensables à ces futurs ingénieurs. L'évaluation se base sur trois critères précis, mais les barèmes sont différents entre langue obligatoire et la langue facultative :

- recevabilité linguistique (prononciation, lexique, grammaire) ;
- expression en continu (compréhension du texte, prise en compte du contexte – point de vue, intention, ton structuré et pertinence du commentaire qui prend en compte la spécificité du thème dans l'aire culturelle concernée) ;
- échange (compréhension orale, réactivité).

Le choix du texte est très important : pour faire valoir ses points forts, le candidat retiendra donc de préférence un texte dont le sujet et le contenu lui sont familiers.

Cependant, quelques candidats sélectionnent des thèmes dont ils ne maîtrisent pas suffisamment le vocabulaire spécifique. D'autres ne disposent pas des informations nécessaires pour aborder aisément leur commentaire. Le candidat peut changer de texte pendant sa préparation mais ne bénéficiera d'aucun temps supplémentaire.

Il est important que le candidat prenne le temps de préparer le commentaire. Comme les années précédentes, certains candidats passent trop de temps à faire leur résumé ou passent trop de temps à chercher les mots. Faute de temps, il serait préférable que le résumé du texte soit bref. En effet, l'analyse et l'avis personnel sont essentiels pour le jury.

Pour obtenir un bon résultat, les candidats doivent présenter une problématique extraite du texte, une critique sensée du texte en évitant les idées « passe-partout » et une conclusion. Le choix d'un vocabulaire adapté est très important.

Le jury relève également des problèmes de grammaire, exemples :

- l'utilisation des mots de classification : “一个年” au lieu de “一年” ;
- la place de l'adverbe “也” ;
- la différence entre les verbes : “去”, “在”, “到” ;
- Les deux verbes dans la même phrase : “我有看过” au lieu de “我看过” ;
- les nuances ou les différences entre l'utilisation des mots “或者 / 还是”, “文件 / 文章” “人口很大” au lieu de “人口很多”, “喜欢去了” au lieu de “喜欢去”, “生活很短” au lieu de “生命很短”, “不是一样” au lieu de “不一样” ou “是不一样的”, “认识的文化” au lieu de “了解别的文化”, “学中文更好” au lieu de “学中文学得更好”.

## **Conclusion**

Au final, un réel manque de niveau en chinois peut avoir des conséquences désastreuses au cours de ces épreuves. Cependant, associés à une compréhension fine et une certaine capacité d'analyse, ces facteurs de réussite devraient être à la portée de tous ceux qui aspirent à intégrer les Grandes Écoles.

# Espagnol

## Présentation de l'épreuve

Cette année l'Amérique latine était à l'honneur dans le choix des textes de l'épreuve orale, aussi bien en langue vivante obligatoire qu'en langue vivante facultative, du fait des bouleversements sociaux et politiques survenus, notamment au Chili et en Colombie, et des débats ayant eu lieu lors du dernier Sommet des Amériques. Les problématiques liées à la pleine reconnaissance des peuples autochtones, à la perspective de genre et aux thèmes environnementaux ont complété la liste des sujets principaux.

L'épreuve orale, autant en langue vivante obligatoire qu'en langue vivante facultative, se déroule selon la même modalité. Les candidats sont priés de choisir entre deux articles journalistiques de différents types – articles de presse, tribunes d'opinion, chroniques, etc. –, parus dans l'année académique en cours, celui qui leur conviendra le mieux pour ensuite réaliser un compte-rendu et un commentaire. Les candidats disposent de vingt minutes de préparation avant de prendre la parole en continu pendant dix minutes. Un entretien avec l'examinateur, pendant dix minutes, clôt l'épreuve. Les documents proposés en langue obligatoire ont bien entendu une plus forte complexité syntaxique et lexicale et demandent une bonne connaissance de la civilisation hispanique.

Les articles ont été extraits des journaux suivants :

- Argentine - *Infobae, La Nación, Página 12* ;
- Chili - *La Tercera* ;
- Espagne - *Deia, El Confidencial, elDiario.es, El País, El País Semanal, InfoLibre, La Vanguardia, nuevatribuna.es, Público* ;
- États-Unis - *El Nuevo Herald* ;
- Mexique - *La Jornada* ;
- Pérou - *El Comercio*.

## Analyse globale des résultats

Tout comme lors des précédents concours, le jury confirme cette année le bon niveau linguistique et la bonne connaissance de la civilisation hispanique chez les candidats en langue obligatoire, à quelques exceptions près. Les résultats sont plus hétérogènes en langue facultative, ce qui est d'ailleurs tout à fait prévisible. Il faudrait tout de même signaler un pourcentage croissant de très bonnes prestations, mais, dans la plupart des cas, les notes en langue facultative dépassent de peu la moyenne à cause des problèmes de compétence linguistique ou de la faible maîtrise de la méthodologie. Les prestations indigentes ont été rarissimes.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Le compte-rendu et le commentaire

Le jury ne peut que réitérer les conseils prodigués les années précédentes. Le titre du texte contient en général des pistes sur la thématique. Par conséquent, il faut être sûr d'avoir compris le sens des mots clés qui y figurent. Ce conseil tombe sous le sens, mais le jury le rappelle tout de même, car certains candidats avaient mal compris ou n'avaient pas du tout compris le titre de l'article qu'ils avaient pourtant choisi, ce qui donne comme résultat une compréhension assez biaisée du texte qui peut aboutir par la suite à un commentaire hors du sujet. Pour préparer le compte-rendu, le candidat ne pourra pas faire abstraction

de l'étape d'analyse avant de passer à la synthèse. Un bon compte-rendu doit comporter une brève introduction avec une accroche pertinente conduisant tout naturellement vers la problématique générale du document pour ensuite construire un résumé structuré, en hiérarchisant correctement les informations essentielles. Les paraphrases du texte sont lourdement sanctionnées. Il faut à tout moment veiller à la cohésion du discours en faisant bon usage des connecteurs discursifs, en évitant la juxtaposition de bribes du texte, car cela donne lieu inexorablement à un discours haché et peu cohérent. Le commentaire doit avoir un rapport strict avec la spécificité du sujet, avec une problématique formulée en bonne et due forme qui permettra de définir un axe précis d'analyse. Dans le développement, il faut faire constamment référence à la problématique choisie, sous peine de s'éloigner de l'axe d'analyse et d'élaborer ainsi un commentaire conçu comme un vrai fourre-tout dans lequel on plaque pêle-mêle des connaissances qui n'ont aucun rapport avec le sujet. Il est conseillé aussi de soigner les transitions entre les parties du développement.

### **L'entretien avec l'examinateur**

Le jury conseille vivement aux candidats de tirer parti de l'échange avec l'examinateur en prenant une part active à la conversation et en facilitant le dialogue. Cela ne peut que tourner à l'avantage du candidat. Dans cette partie l'examinateur vérifie des points qui n'ont pas été abordés d'une façon suffisamment claire ou suggère des pistes au candidat pour rectifier d'éventuels erreurs de compréhension du texte. L'examinateur manifesterà toujours une attitude bienveillante, car il s'agit de mettre en confiance le candidat pour l'inciter à prendre la parole.

### **La correction linguistique**

Il est peut-être superflu de rappeler que l'épreuve orale est avant tout une épreuve de langue dans laquelle le jury a comme souci principal de vérifier la recevabilité linguistique. L'absence de maîtrise de structures syntaxiques et d'un répertoire lexical varié constitue un défaut rédhibitoire. Le jury ne peut pas admettre des prestations dans lesquelles les candidats fournissent un discours très approximatif aussi bien sur le plan syntaxique que sur le plan lexical. Le jury a déploré le fait qu'un certain nombre de candidats, notamment en langue facultative, aient eu recours systématiquement à des mots inventés de toutes pièces. Comme lors de sessions précédentes, le jury constate des problèmes syntaxiques concernant l'ordre des constituants dans le syntagme nominal et le syntagme verbal. La confusion entre les catégories nominales est malheureusement toujours d'actualité, notamment celles de l'adjectif et du nom. L'accord à l'intérieur du syntagme nominal pose aussi quelques problèmes ainsi que la non-maîtrise du genre des noms ou des règles morphologiques de formation du pluriel. Le jury retrouve cette année les mêmes fautes que les années précédentes relatives à la suffixation en *-ema* et *-ista* ainsi qu'à la suffixation de certains ethnonymes. Enfin, les problèmes relatifs à la morphologie verbale se répètent invariablement, à savoir la confusion entre la première et la troisième personne du singulier du présent de l'indicatif et du passé simple ainsi que la confusion entre les modes due à la méconnaissance du groupe verbal.

### **Conclusion**

Un fois de plus, le jury a fortement apprécié l'attitude positive des candidats, très à cheval sur les principes de respect et les règles de politesse vis-à-vis des examinateurs, ainsi que la rigueur dont ils ont fait preuve tout au long du déroulement de l'épreuve, ce qui ouvre des perspectives encourageantes en vue de la poursuite des études supérieures au sein des grandes écoles.

Le jury espère retrouver lors de la prochaine session des candidats qui sauront être, comme d'habitude, à la hauteur des enjeux. Il souhaite aussi que les quelques conseils prodigués ici puissent leur être utiles dans le cadre de la préparation de l'épreuve orale.

Le jury tient à vivement remercier nos collègues des classes préparatoires de l'excellent travail accompli.

**Concours Centrale-Supélec 2022**

**Épreuves d'admission à l'École navale**

**Filière PSI**

# Table des matières

Table des matières	1
Physique	2
Sciences industrielles de l'ingénieur	4
Anglais	7

# Physique

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve de physique de la filière PSI dure 30 minutes, sans préparation. L'examineur propose un exercice assez ouvert permettant d'évaluer la qualité de la démarche scientifique mise en œuvre par le candidat pour répondre à la problématique posée dans l'énoncé. Concrètement, l'énoncé consiste généralement en une brève description d'une situation physique, suivie le plus souvent d'une seule question. L'énoncé peut s'appuyer sur une photo ou vidéo.

Le but essentiel de cette épreuve est d'évaluer la qualité de la démarche scientifique du candidat. Celui-ci doit, en s'appuyant sur sa maîtrise des notions du programme de physique (de PCSI et de PSI), proposer une modélisation simple, dont il discutera précisément de la pertinence, afin de répondre à la question posée. Il est important de noter que le candidat n'est pas évalué sur le choix du modèle mais sur sa capacité à en cerner les limites et le cas échéant à l'améliorer.

Les compétences « programme » susceptibles d'être évaluées lors de cet oral sont : s'approprier, analyser, être autonome, réaliser, valider, communiquer. Des compétences « spécifiques » à l'École Navale sont également évaluées : pugnacité, réactivité, capacité d'adaptation et résistance au stress. C'est dans l'interaction avec le candidat, tout au long de l'épreuve, que le jury évalue le degré de maîtrise de ces compétences.

De part son format où le candidat est mis face à un problème physique complexe, l'épreuve de physique permet d'évaluer plus spécifiquement la capacité d'analyse du candidat (analyser), son esprit d'initiative (être autonome), son esprit critique (valider) ainsi que l'ensemble des compétences « spécifiques ». Cette évaluation est précisée plus loin en s'appuyant sur l'exemple proposé ci-dessous.

Compte-tenu de la difficulté de ce type d'épreuve, le jury ne s'attend pas à ce que le candidat résolve l'intégralité de l'exercice en totale autonomie. Cela ne doit pas inquiéter les futurs candidats qui doivent garder à l'esprit qu'une bonne maîtrise du cours, de la démarche scientifique et des compétences « spécifiques » leur permettra de construire un exposé convaincant.

Voici un exemple d'énoncé utilisé cette année :

*Un marin tombe à la mer depuis le pont d'envol du Charles de Gaulle. Va-t-il survivre à la chute ?*

Une photo illustrative est exposée au tableau.

## Analyse globale des résultats

Le jury est pleinement satisfait du niveau médian des candidats. La majorité des candidats a su appréhender avec perspicacité le problème proposé et mener une discussion de qualité.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury attend du candidat qu'il commence par faire un schéma clair au tableau de la situation en identifiant les grandeurs physiques pertinentes (s'approprier, communiquer). Précisons que la compétence communiquer comprend également l'utilisation et la gestion du tableau par le candidat.

Ensuite il doit analyser qualitativement le phénomène et proposer une stratégie de résolution (analyser, être autonome). À ce niveau, plusieurs approches et modélisations sont possibles.



Sur l'exemple donné plus haut, le candidat sera amené à proposer un critère de survie qui lui semble raisonnable, à s'intéresser à la chute et devra modéliser simplement l'impact sur l'eau.

Le candidat doit alors mettre en œuvre sa stratégie (réaliser) puis faire preuve d'esprit critique sur le résultat obtenu (valider).

Cette dernière étape est particulièrement importante car elle permet d'évaluer la capacité du candidat à avoir un esprit critique sur le fruit de son travail et sur la pertinence du modèle choisi. Le cas échéant, et en interaction avec le jury, le candidat pourra remettre en cause une ou plusieurs hypothèse(s) de son modèle afin de mieux rendre compte de la réalité.

Le jury apprécie toujours les candidats dynamiques, ouverts au dialogue, capables de prendre des initiatives et de discuter précisément de la pertinence des résultats obtenus.

Le jury conseille aux candidats de modéliser très simplement le problème posé. La mise en œuvre d'une démarche scientifique aboutie en sera facilitée. Évidemment, plus le modèle proposé est grossier, plus il est important de discuter, en fin d'exposé, des limites et améliorations possibles du modèle.

# Sciences industrielles de l'ingénieur

## Présentation de l'épreuve

En filière PSI, l'épreuve orale de sciences industrielles pour l'ingénieur porte sur l'étude de systèmes complexes industriels et pluri technologiques. Certains de ces systèmes sont présents dans les laboratoires des lycées, d'autres ont été développés pour le concours.

La problématique des sujets s'applique à suivre la démarche de l'ingénieur. Un cahier des charges est généralement proposé et le sujet consiste principalement à étudier et comparer les performances du système réel et de ses modèles avec celles préconisées par le cahier des charges.

La durée de l'épreuve est d'une heure, divisée en deux parties de 30 minutes : la préparation, qui se déroule en loge, puis la présentation devant l'examinateur.

La calculatrice est autorisée et apportée par le candidat. Le candidat doit préparer l'épreuve sur du brouillon fourni. Lors de la présentation devant l'examinateur, le sujet est projeté sur un écran. Le candidat peut alors commenter les courbes, schémas et documents pendant l'épreuve. Il dispose aussi d'un tableau pour présenter ses résultats et démonstrations.

Le début de l'épreuve (5 minutes maximum) doit permettre de présenter l'analyse fonctionnelle et structurelle du système étudié. Cette analyse doit se faire impérativement avant de répondre aux questions du sujet.

L'analyse fonctionnelle doit permettre de contextualiser l'étude, présenter la fonction de service du système, ainsi que les performances qu'il doit vérifier et qui seront étudiées durant l'épreuve.

L'analyse structurelle met en évidence les composants du système, les flux d'énergie, de matière et d'information et permet l'explication du fonctionnement du système. Elle peut être présentée sous forme de diagrammes (les diagrammes SysML ne sont pas forcément les mieux adaptés à cette analyse). Ce début d'épreuve est primordial pour acquérir une vision globale du système et de la problématique.

Pour la suite de l'épreuve, le candidat doit aborder les différentes parties du sujet. Le temps de préparation est généralement insuffisant pour aborder toutes les questions, il est donc proposé au candidat de poursuivre les études pendant le temps de présentation. Il est demandé au candidat d'expliquer les objectifs de chaque question ou ensemble de questions et de faire des retours systématiques aux exigences du cahier des charges.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Compétences évaluées

Les compétences de communication, d'analyse et de synthèse représentent une part importante de l'évaluation de l'oral de sciences industrielles pour l'ingénieur.

Lors de l'épreuve, les compétences suivantes sont évaluées :

- analyser ;
- modéliser ;
- expérimenter ;
- résoudre ;

- concevoir ;
- communiquer.

La compétence « Analyser » est principalement évaluée dans la première partie de l'épreuve (analyses fonctionnelle et structurelle) et dans les conclusions des différentes parties dans lesquelles il est demandé, entre autres, de commenter les écarts entre le système réel, le modèle et les performances annoncées par le cahier des charges.

La compétence « Modéliser » est évaluée dans les différentes études, en cherchant à obtenir des modèles de connaissance ou de comportement des composants du système étudié. Le candidat doit être capable d'appliquer les théorèmes et principes généraux pour modéliser tout ou partie du système. Il doit aussi être capable de proposer et d'identifier numériquement des modèles simples à partir de résultats expérimentaux.

Dans le cas de la compétence « Expérimenter », le système n'étant pas présent physiquement lors de l'épreuve, le candidat doit néanmoins être capable :

- de proposer un protocole expérimental afin de répondre à une problématique technique ;
- d'analyser des résultats expérimentaux fournis ;
- d'identifier des modèles de comportement.

La compétence « Résoudre » est évaluée en demandant au candidat de relier les caractéristiques des modèles aux performances du système. Il est demandé au candidat de faire preuve d'un recul important sur les valeurs obtenues. Il peut être fait appel aux compétences du programme d'informatique, par exemple pour proposer une méthode de résolution numérique d'une équation.

La compétence « Concevoir » est évaluée lorsque le candidat propose des modifications structurelles ou de la commande du système pour répondre au cahier des charges.

Enfin, tout au long de l'épreuve, la compétence « Communiquer » est évaluée en demandant au candidat de faire preuve de rigueur et d'esprit de synthèse, tout en utilisant de façon pertinente les outils de communication proposés ou au programme (schémas, graphes, diagrammes...).

### **Commentaires généraux**

De nombreux candidats utilisent le temps de préparation pour survoler l'ensemble des questions posées sans penser à préparer leur présentation. Il est ainsi important de préciser que l'épreuve passée est une épreuve orale et que les compétences de communication sont évidemment évaluées. La présentation doit être organisée et articulée autour des problématiques posées.

Certains candidats n'utilisent pas le sujet projeté et les outils fournis pour commenter ou utiliser des données et se contentent d'exprimer leurs résultats sans les justifier (tracés expérimentaux, relevés sur des abaques...). Il est important que les candidats soient préparés et à l'aise avec l'utilisation d'une vidéoprojection.

La présentation fonctionnelle et structurelle du système étudié permet d'acquérir une vision globale indispensable pour mener à bien les études proposées. Toujours trop peu de candidats présentent la fonction principale du système, et seule une faible proportion en détaille la structure : les études proposées sont alors souvent abordées avec des contresens. Plusieurs candidats passent directement aux questions du sujet sans présenter cette partie, ce qui est évidemment préjudiciable pour la suite.

De nombreux candidats adoptent des démarches de modélisation trop lourdes, inadaptées à une épreuve orale de 30 minutes. Il est recommandé de connaître les expressions de l'énergie cinétique, de moments

dynamiques, de puissances dans des cas simples (solide en rotation, solide en translation rectiligne uniformes) sans avoir à repasser par la notation torsorielle. Trop de candidats ne font pas la différence entre un modèle de « comportement » et un modèle de « connaissance ». Beaucoup ont des difficultés à mettre en place un modèle de comportement : certains justifient le choix du modèle de comportement à partir des exigences attendues du cahier des charges et non des résultats expérimentaux, rendant toute étude inutile (par exemple : « on souhaite une erreur statique nulle, donc on retient un modèle de comportement de classe 1 »). Les méthodes d'identification (premier ordre, second ordre) ne sont pas maîtrisées.

Trop souvent les candidats ne commentent pas leurs résultats ni les valeurs numériques obtenues. Les résultats numériques sont rarement présentés avec leurs unités, ce qui mène à des comparaisons avec les exigences aberrantes.

Les capteurs classiques (potentiomètre, codeur incrémental, génératrice tachymétrique, capteur d'effort...) sont encore peu connus. Les candidats doivent être capables de proposer un capteur pour mesurer une grandeur particulière, expliquer le fonctionnement et proposer une fonction de transfert pour chacun de ces composants.

## **Évolution des programmes**

Les candidats de la session 2023 seront évalués sur les programmes publiés en 2021. Les sujets pourront donc comporter des activités abordant les algorithmes, le traitement de données, la simulation numérique, l'intelligence artificielle. Des liens avec le programme d'informatique commune pourront aussi être présents et utilisés dans les études proposées.

# Anglais

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve orale du concours externe de l'École navale se déroule entièrement en anglais, sauf lors de l'exercice de traduction, afin d'évaluer les compétences en compréhension orale et écrite ainsi que de la production orale en continu et de l'interaction.

Dès la rentrée en salle d'examen, les échanges se font en anglais mais l'évaluation ne commence que lorsque le candidat se trouve assis devant l'examineur.

L'examineur invite le candidat à laisser ses affaires dans l'espace désignée et de n'emporter que les effets nécessaires à l'épreuve (pièce d'identité, programme individuel à signer, stylos, bouchons d'oreille et pochette plastique transparente pour la préparation du document écrit si le candidat souhaite travailler dans le calme et annoter le document).

Il est important de noter que la salle d'examen est organisée en trois îlots de travail pour chaque étape de l'épreuve. Le respect du temps de passage à chaque îlot est impératif.

## Préparation – durée totale 40 minutes

Le candidat dispose de quarante minutes de préparation pour l'étude des deux supports proposés :

- 20 minutes maximum pour l'écoute de l'enregistrement d'une durée de trois minutes environ dont il devra effectuer une restitution. Si le candidat est suffisamment préparé avant la fin des 20 minutes imparties, il peut passer à l'îlot de travail suivant ;
- 20 minutes pour préparer le résumé et le commentaire de l'article de presse.

## Épreuve orale face à l'examineur – durée 20 minutes

### Document audio

L'exercice demandé est une **restitution**, ce n'est donc ni un résumé ni une synthèse et encore moins une dictée. Les candidats doivent restituer le plus d'éléments entendus dans l'enregistrement, y compris la source et la date, avec des connecteurs logiques de type "*link-words*".

Le jury attend du candidat qu'il fasse ressortir l'articulation du propos, sans commentaire ni jugement, et de ne pas négliger la conclusion. Cinq minutes est une durée raisonnable.

Ainsi cette première partie de l'épreuve permet d'évaluer :

- la compréhension orale ;
- le sens de l'organisation des informations ;
- la fidélité de la restitution transmise sans que cela soit une répétition de l'enregistrement entendu.

### Document écrit

L'exercice demandé est un **résumé** et un **commentaire** de l'article. Si le temps le permet, le jury posera quelques questions dans le but d'approfondir l'analyse et d'encourager l'interaction orale spontanée.

La **lecture** à haute voix et la **traduction** à l'orale d'un court passage de l'article sera demandé avant ou après l'échange.

Cette deuxième partie de l'épreuve orale permet donc d'évaluer :

- la compréhension écrite ;
- la rigueur dans l'analyse et la synthèse ;
- la capacité d'interagir, argumenter, convaincre avec aisance en anglais.

À la fin de l'épreuve, les candidats détruisent leurs brouillons et remettent l'article à l'examinateur, sans annotation ni soulignement (voir paragraphe « Matériel » ci-dessous).

### **Matériel**

Sur les conseils de leurs professeurs, certains(es) candidats(es) ont utilisé des étuis plastiques transparents car s'il est interdit d'annoter les textes soumis par le jury (voir plus haut) il est en revanche permis de procéder à des repérages, soulignages, surlignages de couleurs différentes à l'aide de ces feuilles.

Pour les candidats sensibles au bruit, il peut être conseillé d'apporter des protections auditives car la préparation et la prestation se déroulent dans la même salle.

### **Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats**

Le choix des articles extraits de la presse anglophone porte sur des sujets d'actualité : santé, politique générale, nouvelles technologies, environnement etc.

Il est indispensable de lire la presse en langue anglaise pour se tenir au courant de l'actualité et acquérir du lexique. Les journaux classiques tels que *The Economist*, *The Guardian*, *The Telegraph*, *The Independent*, *The New York Times*, *The Huffington Post* sont conseillés. Les journaux cités sont accessibles en ligne gratuitement. D'autres sources en ligne peuvent être proposées (*theverge.com*, *bbc.com*, *sciencemag.org...*).

Écouter des enregistrements anglais authentiques le plus souvent possible permet également d'améliorer la compréhension, la fluidité du discours et la qualité phonétique de la langue. *BBC*, *CNN*, *Radio 4*, *Today*, par exemple, ont des journaux télévisés qui offrent un excellent entraînement à la compréhension avec un support visuel.

Un entraînement régulier en production orale lors des « colles » et examens blancs n'est pas à négliger.

Bien que le jury veille sur l'horloge, la gestion du temps par le candidat lui-même lors de l'épreuve orale est primordiale, surtout pendant la restitution afin d'avoir assez de temps pour le résumé, l'analyse et l'échange du document écrit.

L'initiative de certains candidats de choisir un passage à lire à haute voix afin d'expliquer ou commenter l'article est appréciée mais n'est pas obligatoire.

Quant à l'épreuve de traduction dont le passage est choisi par l'examinateur, il est conseillé aux candidats de ne pas traduire du mot à mot tout de suite, mais de réfléchir au sens général du passage en proposant une traduction authentique avant de se tenir prêt à répondre aux questions éventuelles liées spécifiquement à certains mots.

Tout au long de l'épreuve orale, l'examinateur veille à l'étendue du vocabulaire, la correction grammaticale, la maîtrise du système phonologique, la souplesse et la capacité à interagir, la cohérence et la cohésion du discours, la précision, etc... Le candidat doit pouvoir se détacher de ses notes sans faire trop de fautes et en assurant une réelle communication orale.

L'accumulation de fautes ou la répétition de fautes de bases seront sanctionnées. Il est surprenant à ce niveau d'études que des candidats ne connaissent toujours pas la conjugaison des verbes du passé [*simple past vs continuous*] ou du *present perfect* pour parler d'une action qui continue et l'utilisation de *since* ou *for*.

Le jury a parfois relevé une confusion dans la prononciation du passé participe “-ed” [/t/ /d/ /ɪd/] ainsi qu’une prononciation approximative de voyelles [tendues et diphtongues] ou les mots avec “th” [*think vs sink ! ...*].

Une révision des pronoms s’impose pour beaucoup de candidats qu’il s’agit de pronoms relatifs [*who, whom, which, whose...*] ou de pronoms personnels et possessifs.

Il serait également intéressant de revoir les réponses et reprises elliptiques afin d’enrichir les échanges avec l’examineur et d’en garantir une fluidité. Évitez le *yeah !*

Enfin (et non *at last* ici !), le vocabulaire doit être surveillé pour éviter le *français*. *Actually* est un faux ami. Il ne signifie pas *actuellement* mais **en fait, vraiment, effectivement**. Pour dire **actuellement** on dira *currently* ou *at the moment*. *Eventually* ne signifie pas *éventuellement* mais **finale**ment.

## Conclusion

Les candidats au concours externe 2022 ont montré, pour la plupart, une bonne connaissance du déroulement de l’épreuve orale et ont respecté les consignes. Certains confondent encore restitution du document audio et dictée.