



RAPPORT  
SUR LES  
ÉPREUVES ÉCRITES  
CONCOURS  
2021

Observations des correcteurs

Ponts ParisTech, ISAE-SUPAERO, ENSTA Paris, TELECOM Paris, MINES Paris,  
MINES Saint Étienne, MINES Nancy, IMT Atlantique, ENSAE Paris, CHIMIE ParisTech - PSL

Ce rapport est la propriété du GIP CCMP. Il est publié sur le site selon les termes de la licence :

[Licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Pas de Modification 3.0 France.](#)



## Table des matières

<b>Le mot du directeur général du CCMP</b>	<b>7</b>
<b>1 Mathématiques</b>	<b>9</b>
1.1 Remarques générales	9
1.2 Mathématiques 1 - filière MP	10
1.2.1 Généralités et présentation du sujet	10
1.2.2 Analyse détaillée des questions	10
1.2.3 Conclusions	11
1.3 Mathématiques 2 - filière MP	12
1.3.1 Généralités et présentation du sujet	12
1.3.2 Commentaires généraux	12
1.3.3 Analyse détaillée des questions	13
1.3.4 Conclusion	19
1.4 Mathématiques 1 - filière PC	20
1.4.1 Présentation du sujet	20
1.4.2 Commentaires généraux	21
1.4.3 Analyse détaillée des questions	21
1.4.4 Conseils aux futurs candidats	23
1.5 Mathématiques 2 - filière PC	23
1.5.1 Généralités et présentation du sujet	23
1.5.2 Analyse détaillée des questions	24
1.5.3 Conclusion	26
1.6 Mathématiques 1 - filière PSI	26
1.6.1 Généralités et présentation du sujet	26
1.6.2 Analyse détaillée des questions	26
1.7 Mathématiques 2 - filière PSI	27
1.7.1 Généralités et présentation du sujet	27
1.7.2 Analyse détaillée des questions	28
1.7.3 Conseils et conclusion	30
<b>2 Physique</b>	<b>32</b>
2.1 Remarques générales	32
2.2 Physique 1 - filière MP	32
2.2.1 Généralités et présentation du sujet	32
2.2.2 Commentaires généraux	33
2.2.3 Analyse détaillée des questions	33
2.2.4 Conseils aux futurs candidats	35
2.2.5 Conclusions	35
2.3 Physique 2 - filière MP	35
2.3.1 Généralités et présentation du sujet	35
2.3.2 Commentaires généraux	36
2.3.3 Analyse détaillée des questions	36
2.3.4 Conseils aux futurs candidats	38
2.3.5 Conclusions	38
2.4 Physique 1 - filière PC	38
2.4.1 Présentation du sujet	38
2.4.2 Commentaires généraux	39

2.4.3	Commentaires spécifiques et conseils aux candidats . . . . .	39
2.4.4	Analyse détaillée des questions . . . . .	40
2.5	Physique 2 - filière PC . . . . .	40
2.5.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	40
2.5.2	Commentaires généraux . . . . .	41
2.5.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	41
2.5.4	Conseils aux futurs candidats . . . . .	43
2.5.5	Conclusions . . . . .	43
2.6	Physique 1 - filière PSI . . . . .	43
2.6.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	43
2.6.2	Commentaires généraux . . . . .	43
2.6.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	44
2.6.4	Conseils aux futurs candidats . . . . .	46
2.6.5	Conclusions . . . . .	46
2.7	Physique 2 - filière PSI . . . . .	46
2.7.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	46
2.7.2	Commentaires généraux . . . . .	46
2.7.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	47
2.7.4	Conseils aux futurs candidats . . . . .	48
2.7.5	Conclusions . . . . .	49
<b>3</b>	<b>Chimie</b> . . . . .	<b>50</b>
3.1	Remarques générales . . . . .	50
3.2	Chimie - filière MP . . . . .	50
3.2.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	50
3.2.2	Commentaires généraux . . . . .	50
3.2.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	51
3.2.4	Conseils aux futurs candidats . . . . .	52
3.2.5	Conclusion . . . . .	52
3.3	Chimie - filière PC . . . . .	52
3.3.1	Présentation de l'épreuve . . . . .	52
3.3.2	Commentaires généraux . . . . .	52
3.3.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	53
3.3.4	Conclusion . . . . .	55
3.4	Chimie - filière PSI . . . . .	56
3.4.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	56
3.4.2	Commentaires généraux . . . . .	56
3.4.3	Analyse détaillée des questions . . . . .	56
3.4.4	Conseils aux futurs candidats . . . . .	57
3.4.5	Conclusion . . . . .	57
<b>4</b>	<b>Informatique</b> . . . . .	<b>58</b>
4.1	Informatique pour tous . . . . .	58
4.1.1	Généralités et présentation du sujet . . . . .	58
4.1.2	Commentaires généraux . . . . .	58
4.1.3	Commentaires spécifiques à chaque question . . . . .	59
4.2	Informatique option MP . . . . .	60
4.2.1	Généralités . . . . .	60
4.2.2	Analyse de Forme . . . . .	61
4.2.3	Analyse par question . . . . .	61

<b>5</b>	<b>Sciences Industrielles</b>	<b>64</b>
5.1	Introduction . . . . .	64
5.2	Présentation du sujet en filière MP . . . . .	64
5.3	Présentation du sujet en filière PSI . . . . .	65
5.4	Analyse détaillée du sujet en filière MP . . . . .	65
5.5	Analyse détaillée du sujet en filière PSI . . . . .	68
5.6	Analyse générale des copies et conseils aux candidats . . . . .	70
<b>6</b>	<b>Français</b>	<b>72</b>
6.1	Présentation du sujet . . . . .	72
6.2	Remarques préliminaires . . . . .	72
6.2.1	Remarques sur l’auteur de la citation . . . . .	72
6.2.2	Analyse de la citation du sujet . . . . .	74
6.2.3	Problématisation . . . . .	75
6.3	Commentaires généraux sur les copies et rappels méthodologiques . . . . .	75
6.3.1	L’introduction . . . . .	75
6.3.2	Le développement . . . . .	78
6.3.3	La conclusion . . . . .	81
6.3.4	Remarques sur la présentation, l’orthographe et l’expression . . . . .	82
6.4	Conseils aux candidats, bilan et perspectives . . . . .	83
6.5	Traitement du sujet : exemple de dissertation rédigée . . . . .	84
<b>7</b>	<b>Langues Vivantes</b>	<b>85</b>
7.1	Allemand . . . . .	85
7.1.1	Modalités de l’épreuve . . . . .	85
7.1.2	Remarques générales . . . . .	85
7.1.3	Expression Écrite . . . . .	85
7.1.4	Thème . . . . .	86
7.2	Anglais . . . . .	87
7.2.1	Modalités de l’épreuve . . . . .	87
7.2.2	Remarques générales . . . . .	88
7.2.3	Thème . . . . .	88
7.2.4	Question de compréhension . . . . .	89
7.2.5	Expression personnelle ou ‘ <i>essay</i> ’ . . . . .	89
7.3	Arabe . . . . .	90
7.3.1	Remarques générales . . . . .	90
7.3.2	Expression écrite . . . . .	90
7.3.3	Thème . . . . .	91
7.4	Espagnol . . . . .	92
7.4.1	Remarques générales . . . . .	92
7.4.2	Expression écrite . . . . .	92
7.4.3	Thème . . . . .	93
7.5	Italien . . . . .	94
7.5.1	Remarques générales . . . . .	94
7.5.2	Remarques particulières . . . . .	94
7.5.3	Conseils . . . . .	95
7.6	Russe . . . . .	96
7.6.1	Remarques générales . . . . .	96
7.6.2	Remarques particulières . . . . .	96
7.6.3	Conseils . . . . .	98

<b>8</b>	<b>Annexe - Exemple de dissertation rédigée</b>	<b>100</b>
8.1	Introduction . . . . .	100
8.2	Les œuvres confirment pour une part les propos d'Alain : la pitié est souvent contre-productive et les autres nous aident à vouloir vivre . . . . .	100
8.3	Les œuvres semblent malgré tout s'opposer au propos d'Alain : il n'est pas « facile » de croire en la vie . . . . .	102
8.4	Les facteurs que ceux énoncés par Alain (les épreuves ; le temps ; le consentement à ce qui est) sont à l'origine de la force de vie . . . . .	104
8.5	Annexe 1 : La pitié selon Rousseau . . . . .	107
8.6	Annexe 2 : La pitié selon Balzac . . . . .	108



## Le mot du directeur général du CCMP

Élèves et enseignants des classes préparatoires aux grandes écoles d'ingénieurs, ce rapport sur les épreuves écrites de la session 2021 du Concours commun Mines Ponts (CCMP) vous est avant tout destiné.

Ses rédacteurs, les correcteurs des épreuves, ont formulé des conseils pratiques. Aussi, la lecture attentive de ce document doit vous conduire à éviter les erreurs trop souvent observées à l'écrit et doit vous permettre de comprendre l'esprit du concours et ce qui est attendu des épreuves écrites. Il est donc indispensable d'en prendre connaissance.

Je souligne que les mêmes recommandations et remarques ont déjà été présentées dans les rapports antérieurs. Il convient de les considérer comme un prérequis pour réussir les épreuves.

### Orientation pour la session 2022

La Banque Mines Ponts est constituée du CCMP et du CMT. Le Concours Mines-Télécom (CMT) utilise les épreuves écrites du CCMP pour les filières MP, PC et PSI. Au total en 2022, la Banque Mines-Ponts offrira environ 3000 places en écoles d'ingénieurs, dont 1550 pour le CCMP.

Les informations concernant le concours, y compris la notice 2022, peuvent être consultées sur le site : [www.concoursminesponts.fr](http://www.concoursminesponts.fr)

Une bonne connaissance de la notice 2022 est un préalable incontournable pour passer les épreuves dans les meilleures conditions. Cette notice présente notamment les modalités du concours dont les épreuves et les notes ont pour but de classer les candidats les uns par rapport aux autres.

Le concours a pour ambition de permettre aux 16 000 candidats qui passent l'écrit, de mettre en avant leurs qualités dans le respect de l'équité dans l'évaluation.

Les épreuves écrites, réparties sur quatre jours, sont exigeantes et permettent aux candidats d'exposer leurs capacités de raisonnement. Par rapport aux notes obtenues en classes préparatoires, la notation ne juge pas la qualité d'une copie dans l'absolu, mais permet de comparer les candidats entre eux et de les classer. Les correcteurs adaptent le barème des épreuves écrites pour valoriser non seulement les connaissances, mais surtout la qualité du raisonnement développé par les candidats. Ceux-ci sont fortement invités à soigner écriture et présentation prises en compte dans le barème de notation des épreuves de l'écrit.

### Trois conseils généraux

Les conseils figurant dans ce rapport permettent de tirer le meilleur parti du travail effectué en classe préparatoire et sont synthétisés sous les trois recommandations suivantes.

- Apprenez le cours et maîtrisez les notions de base

C'est ce que répètent les correcteurs. Les résultats d'un cours (théorèmes, méthodes, etc.) dépendent d'un contexte qui a été étudié et utilisé.

Prenez le temps de lire correctement la question posée et mettez en valeur le contexte avant l'utilisation d'un résultat de cours. Citez les conditions ou les hypothèses avant d'utiliser des outils dans la réponse proposée.

- Soignez la forme, soyez clair, rigoureux et honnête

Une copie bien présentée et propre est le fruit d'une vision de la solution. Qualité de la rédaction, orthographe correcte et présentation propre sont indispensables.

La note finale, quelle que soit la discipline, reflètera très souvent ces aspects. La négligence ne paie pas.

Le jury recommande de faire preuve d'honnêteté intellectuelle et ne pas delayer inutilement une réponse alors que le candidat sait manifestement qu'il n'a pas compris la question. La production de schémas, l'encadrement des résultats ou encore la vérification de l'homogénéité d'une formule prouvent un sens indéniable de l'organisation.

- Organisez-vous, sans confondre vitesse et précipitation.

Exprimez-vous en révélant votre logique et votre démarche. Une réflexion permet de comprendre le cheminement pris pour la recherche d'une solution. Cela est préférable à de longs développements erratiques ou à des explications lapidaires.

Le métier d'ingénieur exige une analyse des besoins suivie de propositions de méthodes ou de stratégies pour résoudre les questions posées. Il exige de grandes qualités dont les capacités de réflexion et d'organisation.

Produire du « sens » plutôt que du « flux » révèle un niveau d'abstraction et donc les qualités de réflexion d'un candidat. Démontrer, convaincre, argumenter ne peut pas se faire sans organisation. C'est ce qui est attendu dans les copies.

Ces conseils sont valables pour les matières scientifiques comme pour le français et les langues vivantes. L'absence de réflexion, le hors sujet, le manque de concision, ou les carences linguistiques, sont pénalisés. Organiser une introduction sur le texte proposé, élaborer un résumé autour d'un fil conducteur et structurer son commentaire sont des étapes indispensables.

Pour conclure, j'insiste auprès des futurs candidats sur la nécessité de lire et d'appliquer les recommandations de ce rapport. Les candidats qui en tiennent compte se donnent les moyens de faire la différence.

Avec les membres du jury, nous encourageons bien sincèrement les candidats dans leur engagement personnel pour préparer le concours 2022 qui leur permettra de révéler le meilleur d'eux-mêmes et d'obtenir la réussite qu'ils méritent.

Éric Hautecloque-Raysz  
Directeur général du Concours commun Mines Ponts



# 1 Mathématiques

## 1.1 Remarques générales

Plusieurs erreurs relevées l'an dernier ont été commises de nouveau cette année. Les encres pâles sont encore fréquentes, et un nombre croissant de candidats a obligé les correcteurs à utiliser la loupe tant leur écriture est minuscule.

Le texte et les calculs sont souvent agrémentés de petites zones de texte coloré insérées avec des flèches par des candidats ne prenant pas la peine de rédiger une phrase pour justifier une assertion ou une expression. Une **présentation soignée** (écriture nette, absence de ratures, résultats encadrés) dispose très favorablement le correcteur.

Il est indispensable de travailler en profondeur le cours de mathématiques de première et de deuxième année, de connaître les théorèmes avec leurs hypothèses.

La rédaction des preuves doit être courte et complète ; tous les arguments sont attendus. Les tentatives de bluff, moins nombreuses cette année, sont lourdement sanctionnées.

Les abréviations sont pléthore, au point de rendre la lecture parfois difficile en raison de l'ambiguïté qui peut en résulter : comment savoir que ISMQ signifie « il suffit de montrer que » ?

L'orthographe et la syntaxe sont souvent défectueuses : des démonstrations par l'absurde se terminent par « donc impossible ».

On recommande de bien traiter une partie des questions plutôt que de produire un discours inconsistant pour chacune d'entre elles.

Il est demandé aux candidats de numéroter leurs copies de façon cohérente : les correcteurs apprécient assez peu de se voir confrontés à un jeu de piste.

Il est fortement conseillé aux candidats d'aborder et de rédiger les questions dans l'ordre de l'énoncé.

Enfin, les correcteurs ont été étonnés par le manque de soin ; beaucoup de copies ressemblent plus à un brouillon qu'à une épreuve de concours.



## 1.2 Mathématiques 1 - filière MP

### 1.2.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet portait sur l'analyse et les probabilités, avec des utilisations conséquentes de techniques d'analyse asymptotique au programme de première année.

On trouvait également une application du théorème de convergence dominée et des questions sur les théories de l'intégration et des probabilités, le tout assurant une bonne couverture du programme d'analyse et de probabilités de la filière MP.

Le problème consistait, pour sa partie principale, en la démonstration du théorème de Moivre-Laplace, théorème important de probabilités qui décrit le comportement limite d'une suite de variables aléatoires  $(X_n)_{n \in \mathbb{N}}$  qui suivent des lois binomiales  $\mathcal{B}(n, p)$ .

Cela donnait un sujet manifestement trop long, surtout pour une épreuve de trois heures, mais comme il était progressif, un barème adapté, attribuant peu de points aux dernières questions, a permis d'obtenir une moyenne d'épreuve correcte et un bon étalement des notes.

Cette répartition des points n'a lésé personne, les meilleures copies contenaient une résolution correcte des dix-sept premières questions et quelques éléments épars dans les cinq dernières, ce qui permettait d'avoir une excellente note.

Par contre, les candidats qui ont baclé les premières questions pour aller grapiller quelquefois jusqu'à la dernière n'y ont pas gagné.

Nous n'avons pas eu de cas de candidats qui négligent les premières questions et traite correctement les dernières, et qui auraient donc été défavorisés par le barème.

### 1.2.2 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Le problème commençait par une question de cours, puisqu'on demandait de citer la formule de Stirling, ce qui a été fait correctement dans la quasi-totalité des copies, malgré l'absence de calculatrice.

Pour la deuxième partie de la question, un certain nombre de candidats s'est contenté de dire que c'était la définition de l'équivalence de deux suites. Cela peut être donné comme deuxième définition, mais ici la rédaction de la question indiquait clairement qu'on attendait une démonstration à partir de la définition la plus classique,

$$u_n \sim v_n \text{ si } u_n = \epsilon_n v_n, \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} \epsilon_n = 1,$$

où

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{u_n}{v_n} = 1,$$

qui était utilisable ici.

**Q2** - On retrouvait un peu le même problème dans cette question suivante, puisqu'il s'agissait d'établir que des fonctions étaient équivalentes. Il fallait surtout éviter d'utiliser un passage à la limite dans les inégalités mais avoir recours au théorème d'encadrement, toujours appelé théorème des gendarmes, appellation qui a la vie dure bien qu'elle ne soit plus dans les programmes depuis longtemps.

**Q3** - Cette question était un exercice classique, on attendait une rédaction impeccable : ne pas oublier de citer la continuité de la fonction intégrée, ni de préciser qu'elle était à valeurs positives quand on utilisait une majoration ou un équivalent.

**Q4** - À cette question, on trouvait quelques erreurs (heureusement assez rares) sur le développement limité de  $\ln(1+x)$ .

On attendait ensuite des égalités justes, en évitant de donner un terme en  $x^3$  faux suivi d'un  $o(x^2)$ .

**Q5** - Cette question a été souvent abandonnée et traitée correctement par moins de 5% des candidats. Il suffisait de penser à étudier le bon quotient, mais cela n'avait en effet rien d'évident surtout dans le stress d'une épreuve en temps limité.

**Q6** - La première limite demandée se déduisait directement de la **Q2**, par contre la deuxième demandait un raisonnement plus soigneux, soit par une minoration, soit par une utilisation des  $o$ .

**Q7 et 8** - Ces questions étaient assez calculatoires et ne présentaient pas de difficultés importantes, elles ont été traitées plutôt correctement, mais souvent avec beaucoup de ratures.

**Q9** - Dans cette question on entrait dans le vif du sujet avec les probabilités, les performances restaient correctes, il fallait de bien préciser les valeurs de l'espérance et de la variance d'une loi binomiale puis les propriétés de l'espérance et de la variance utilisées.

**Q10** - La question ne présentait pas de difficulté, mais la qualité de la rédaction était variable.

**Q11** - On attendait, pour justifier que la fonction était en escalier, que l'on donne explicitement les intervalles sur lesquels elle était constante. On retrouvait dans la fin de la question les problèmes de confusion entre passage à la limite dans les inégalités et théorème d'encadrement.

**Q12** - En général il n'y avait que la première partie de cette question qui était abordée, avec un passage à la limite assez rarement justifié correctement. La deuxième partie ne se trouvait que dans les très bonnes copies.

**Q13** - La question pouvait effrayer, mais elle se résumait à bien utiliser les questions précédentes.

**Q14** - La question ne demandait que de la précision dans l'utilisation des équivalents.

**Q15** - La question présentait bien des analogies avec la **Q7**, mais dire « on fait comme à la **Q7** » ne suffisait pas.

**Q16** - La question demandait une rédaction rigoureuse dans l'utilisation du développement limité trouvé à la **Q4**.

**Q17** - Dans cette question, l'utilisation du théorème de convergence dominée semblait évidente, pourtant elle n'a pas fait l'unanimité et la condition de domination, qu'il fallait aller chercher à la question 8, a été très rarement bien traitée.

A partir de là nous n'avons plus trouvé de résolution complète, quelques très rares copies donnaient des éléments de réponses intéressants, la plupart ne contenaient que des tentatives éventuellement de grapillage.

### 1.2.3 Conclusions

En conclusion, on peut évoquer, comme l'année dernière, la présentation des copies. Du fait de la numérisation, certaines techniques de correction sont interdites, mais l'utilisation du brouillon reste autorisée, et même recommandée.

Il n'est pas question de faire une résolution complète au brouillon puis de recopier, mais il faudrait éviter de faire figurer toutes les tentatives sur la copie en raturant les échecs.

On peut imaginer ce que cela peut donner sur un calcul un peu long de développement limité, comme il y en avait dans le sujet de cette année.

## 1.3 Mathématiques 2 - filière MP

### 1.3.1 Généralités et présentation du sujet

Le problème proposé aux candidats établissait la preuve des résultats suivants :

Si  $\varphi$  est une fonction réelle de variable réelle définie sur un intervalle  $I$ , on définit l'image  $u(\varphi)(S)$  d'une matrice symétrique réelle  $S$  à valeurs propres dans  $I$  en appliquant  $\varphi$  à ses valeurs propres après orthodiagonalisation, et on considère la trace  $\nu(\varphi)(S)$  de  $u(\varphi)(S)$ .

On démontre alors que :

- si  $\varphi$  est continue, alors  $u(\varphi)$  et  $\nu(\varphi)$  sont continues ;
- si  $\varphi$  est convexe, alors  $\nu(\varphi)$  est convexe.

La difficulté dans le premier résultat réside dans le fait que comme  $u(\varphi)(S)$  est définie à partir des valeurs propres de la matrice  $S$ , il faut disposer de la continuité de ces valeurs propres en fonction de  $S$ . Or le problème de la continuité des racines d'un polynôme en fonction de celui-ci est loin d'être simple : on pourra pour s'en convaincre consulter l'article de Vincent Pilaud, *Continuité des racines d'un polynôme*, référencé en [5] dans l'article de Wikipédia intitulé *Relations entre coefficients et racines*.

Dans le cas des valeurs propres d'une matrice symétrique réelle, l'auteur du sujet procède en établissant la continuité du polynôme caractéristique d'une matrice en fonction de celle-ci, puis à partir de la norme du rayon spectral, en montrant que la liste croissante des valeurs propres d'une suite convergente de matrices converge vers la liste croissante des valeurs propres de sa limite. Il ne reste plus qu'à invoquer la compacité du groupe orthogonal pour se prémunir de toute divergence de la suite de matrices de passage.

Le second résultat nécessite de considérer l'image par  $u(\varphi)$  d'un barycentre de deux matrices symétriques réelles, or celles-ci ne sont simultanément orthodiagonalisables que si elles commutent, ce qui n'est pas le cas en général.

L'auteur du sujet contourne ce problème ainsi. On considère l'ensemble  $\mathcal{U}_S$  des conjuguées de  $S$  par le groupe des matrices orthogonales, puis l'ensemble des sommes des images par  $\varphi$  des éléments diagonaux de ces conjuguées. Alors  $\nu(\varphi)(S)$  est le maximum de cet ensemble. Cette définition permet de s'affranchir de l'obstacle de la conjugaison par deux matrices de passage orthogonales différentes pour les deux matrices considérées.

### 1.3.2 Commentaires généraux

#### Correction

Les comportements des candidats face à ce sujet ont été extrêmement divers. Entre ceux qui ont maîtrisé le problème jusqu'à la dernière question et ceux qui, sans doute tétanisés par l'enjeu, n'ont pas su donner la définition d'un produit de matrices, nous avons observé tout l'éventail des résultats. Plus surprenant, cette distorsion est apparue au sein même de certaines copies, dont les auteurs ne semblaient pas connaître des définitions de base de leur cours et cependant ont résolu avec brio quelques questions difficiles.

Ce qui nous a frappés dans un grand nombre de copies, ce sont le manque d'attention aux définitions données au début du problème, l'indifférence à la nécessité de justifier toutes les assertions et l'impression que leur auteur se contente de donner les grandes lignes de la démonstration, à charge pour le correcteur de combler lui-même les lacunes du raisonnement. À l'inverse, certains candidats se sont montrés attentifs, rigoureux et scrupuleux, et bien que n'ayant pas toujours avancé jusqu'au bout du problème, se sont vu récompensés par une note plus qu'honorable de leurs efforts, bien meilleure que celle d'autres candidats qui, se promenant jusqu'au bout du sujet en écrivant sur chaque question quelques lignes sans logique aucune, n'en ont tiré que de rares points par la rare chance d'affirmations élémentaires.

Nous avons par ailleurs observé fréquemment un certain manque de hauteur par rapport aux notions examinées, ce qui nous a conduits à lire des raisonnements certes corrects mais plus ou moins laborieux. C'est une attitude qui n'est pas vraiment compatible avec l'état d'esprit d'un ingénieur ou d'un chercheur, qui face à un problème se doit de chercher à l'appréhender dans sa globalité au lieu de le regarder par le petit bout de la lorgnette. C'est ainsi que l'on est perspicace et inventif et que l'on est capable de créer des réacteurs nucléaires qui produisent de l'électricité et des vaccins qui immunisent.

### Matrices de permutations

L'auteur du sujet nous propose ici une promenade dans une forêt de Kronecker et de permutations des éléments d'une matrice diagonale. Les mathématiques ont ceci de commun avec les jeux vidéo que l'on y prend de la hauteur pour franchir les monstres. En l'occurrence, passer des matrices aux espaces vectoriels euclidiens permettait de survoler les monstres de calcul sur les composantes des matrices. Vue ainsi, cette partie n'a rien que de très élémentaire. L'endomorphisme  $u(\sigma)$  associé à la matrice  $(\sigma)$  dans la base canonique de  $\mathbf{R}_n$  effectue sur les indices des vecteurs de celle-ci la permutation  $\sigma$ . Rien d'étonnant de ce fait que  $u$  soit un morphisme du groupe  $S_n$  des permutations dans le groupe  $GL_n(\mathbf{R})$  des automorphismes de  $\mathbf{R}_n$ . L'image de la base canonique, qui est orthonormale, étant une base orthonormale, ces automorphismes sont orthogonaux. La troisième question est la formule de changement de base orthonormale pour un endomorphisme. Enfin, si deux listes de nombres sont identiques à l'ordre près, l'une est l'image de l'autre par une permutation de ses éléments, et si ce sont les éléments diagonaux de deux matrices diagonales, cette permutation résulte de la permutation identique des vecteurs propres des endomorphismes associés.

### 1.3.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Nous avons été surtout frappés par le nombre important de candidats qui effectuent le produit de matrice élément par élément, en ignorant superbement la formule qui donne ce produit. À côté de cela, sommer dans cette formule les indices de 0 à  $n$  est presque un péché véniel. Par ailleurs, trop de candidats n'explicitent pas le raisonnement sur les indices de Kronecker, ou ne le concluent pas en disant qu'ils ont établi ce qu'on demandait.

**Q2** - Plusieurs candidats ont écrit le terme général de la transposée de  $(\sigma)$  par simple échange des indices  $-\delta_{\sigma(j),i}$  au lieu de  $\delta_{i,\sigma(j)}$  - ce qui ne change pas sa valeur, puis ont « démontré » le résultat demandé par un tour de passe-passe sur les produits de symboles de Kronecker. Plus rarement, nous avons vu des copies où était démontré  $(\sigma)(\sigma^{-1}) = I_n$ , ce qui à soi seul ne permettait bien sûr pas de conclure.

**Q3** - Nous avons observé quelques erreurs de calcul dans cette question : certains candidats ont affirmé que les deux membres sont des matrices diagonales, d'autres ont laissé un symbole de sommation sur un indice qui n'apparaissait plus dans la quantité sommée ; mais en général, cette question a été correctement traitée.

**Q4** - Certains candidats n'ayant pas lu assez attentivement l'énoncé ont « démontré » que les deux assertions (i) et (ii) sont vraies pour tout couple de matrices diagonales  $D$  et  $D'$ . Ceux qui ont compris l'énoncé ont souvent traité le sens direct correctement, bien que manque fréquemment la justification de la simplification par  $(\sigma)$ . Par contre le sens réciproque a été assez malmené, soit parce que les candidats tenaient pour acquis que l'égalité de la **Q3** implique directement avec l'hypothèse (ii) que  $D' = \text{Diag}(d_{\sigma(i)})$ , soit parce que l'égalité du nombre d'occurrences des coefficients diagonaux dans les deux matrices n'a pas été établie. En particulier, certains candidats ont utilisé le fait que l'hypothèse (ii) implique que  $D$  et  $D'$  sont semblables, et de ce fait ont les mêmes valeurs propres, mais faute de parler de la dimension des sous-espaces propres associés ou de la multiplicité des racines de leurs polynômes caractéristiques, ils n'ont pas établi l'égalité de ce nombre d'occurrences.

### Fonctions de matrices symétriques

**Q5** - Cette question de cours n'a pas connu la réussite que nous attendions. Tout d'abord, tous les candidats n'ont pas pris la peine de préciser que la matrice  $S$  est *symétrique réelle* en vue d'appliquer le théorème spectral. Plusieurs ont conclu que  $S$  est diagonalisable, donc qu'il existe une matrice orthogonale  $\Omega$  qui diagonalise  $S$  : une perte d'information en cours de raisonnement ne peut être récupérée par la suite sans commettre une erreur de logique. Par ailleurs, il est faux de dire que toute base de diagonalisation de  $S$  est orthonormale, et encore plus que les vecteurs propres de  $S$  forment une base orthonormale. Enfin, il convenait de revenir à la définition de  $S_n(I)$  pour vérifier que les réels  $s_i$  appartiennent à  $I$  ; malheureusement, de nombreux candidats, faute de lire correctement l'énoncé, ont pensé que  $S_n(I)$  est l'ensemble des matrices symétriques à éléments dans  $I$ . D'une manière générale, ce genre de question ne doit pas être traité avec désinvolture : le correcteur s'attend à ce que le candidat cite avec précision les hypothèses et les conclusions du théorème utilisé. Se limiter à une paraphrase de la question ne permet pas de gagner des points.

**Q6** - Encore une question de cours, où il s'agissait cette fois d'utiliser les polynômes d'interpolation de Lagrange pour construire le polynôme demandé. Malheureusement bien peu de candidats ont pris la peine de se limiter à une occurrence de chaque valeur de la famille  $(s_i)$ , ce sans quoi les formules qu'ils écrivaient n'avaient pas forcément un sens. Certains ont invoqué le théorème de Weierstrass pour approcher la fonction  $f$  par une suite de polynômes, mais outre que ce théorème ne vaut que pour une fonction continue sur un segment, cela ne permettait bien évidemment pas d'obtenir un polynôme égal à  $f$  aux points  $s_i$ .

**Q7** - Cette question est cruciale dans la suite du problème car elle permet de définir l'image d'une matrice symétrique  $S$  par  $u(\varphi)$  indépendamment de son orthodiagonalisation. La question précédente permettait de choisir un polynôme  $P$  prenant les mêmes valeurs que  $\varphi$  aux réels  $s_i$  puis de calculer  $P(S)$  pour deux orthodiagonalisations différentes. Un minimum d'explications, qui n'a été fourni que par une partie des candidats, était attendu pour obtenir l'égalité  $P(S) = {}^t\Omega P(D)\Omega$  à partir de l'égalité  $S = {}^t\Omega D\Omega$  : idéalement, la démonstration par récurrence de la relation  $S^k = {}^t\Omega D^k\Omega$  en utilisant le fait que  $\Omega$  est orthogonale, puis un passage au polynôme par linéarité de la conjugaison ou distributivité du produit de matrices. Revenir à la fonction  $f$  nécessitait de rappeler que les  $s'_i$  ne sont autres que les  $s_i$  dans un ordre différent, à moins d'avoir choisi au départ un polynôme d'interpolation commun aux deux familles, ce qui ne change pas grand-chose à celui-ci.

Quant au fait que  ${}^t\Omega f(D)\Omega$  est symétrique, cela résulte d'un calcul élémentaire, mais certains candidats l'ont établi en montrant que  $S^k$  est symétrique pour tout  $k$ , puis que  $P(S)$  est symétrique, puis en rappelant que  $P(S) = {}^t\Omega P(D)\Omega = {}^t\Omega f(D)\Omega$  : après tout, pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ? Par contre, cela ne résulte pas du théorème spectral qui fournit l'implication contraire de celle qui était requise.

**Q8** - Passons sur les candidats, pas si rares, qui considèrent que la linéarité se réduit à l'additivité. Nettement plus nombreux ont été ceux qui ont établi la linéarité de  $u(\varphi)$  et  $\nu(\varphi)$  au lieu de celle de  $u$  et  $\nu$ . Si celle de  $\nu$  pouvait être justifiée en tant que composée de deux applications linéaires, nous avons apprécié que certains candidats, peu satisfaits de la notation  $Tr \circ u$  – logiquement incorrecte en plus d'être peu élégante – aient préféré démontrer directement la linéarité de  $\nu$ . La deuxième partie de la question ne présentait aucune difficulté, mais bien peu de candidats ont pris la peine de préciser que  $u(\varphi)(xI_n)$  a un sens parce que  $xI_n$  appartient à  $S_n(I)$ , ou de donner un minimum d'explications sur la manière dont ils ont obtenu sa valeur. Certains ont trouvé  $x\varphi(1)I_n$ , ce qui est faux, voire  $\varphi(x)$ , ce qui est absurde.

**Q9** - L'égalité  $u(\varphi)(xI_n) = \varphi(x)I_n$  permettait de montrer facilement que  $u$  est injective, ce que finalement assez peu de candidats ont vu. La majorité ont pris  $\varphi$  dans le noyau de  $u$  et ont calculé  $u(\varphi)(S)$  pour une matrice symétrique réelle  $S$  de  $S_n(I)$ , ce qui menait à la relation  ${}^t\Omega \text{Diag}(\varphi(s_i))\Omega = 0$ . Il convenait alors de justifier la « simplification » par  ${}^t\Omega$  et  $\Omega$  – avec un meilleur argument que la

non-nullité de  $\Omega$  – puis de préciser que puisque cette égalité est vraie pour tout choix de  $S$  dans  $S_n(I)$ , la nullité de  $\varphi$  s'ensuit.

Par contre, nous avons souvent lu que la valeur de  $\varphi$  n'étant imposée qu'aux points  $s_i$ , cette fonction peut ne pas être identiquement nulle donc  $u$  n'est pas injective : c'était oublier que l'égalité  $u(\varphi)(S) = 0$  doit être vraie pour tout choix de  $S$  dans  $S_n(I)$ . C'est cette même quantification qui, a contrario empêchait la surjectivité de l'application, qui a pourtant été « démontrée » par de nombreux candidats en recourant à des arguments tout aussi incorrects les uns que les autres : le fait que les espaces vectoriels soient de dimension finie, ce qui est évidemment faux s'agissant de l'espace vectoriel des fonctions définies sur un intervalle non réduit à un point ; certains ont même affirmé que l'espace de départ étant de dimension infinie et celui d'arrivée de dimension finie,  $u$  ne peut qu'être surjective ! Et pourtant, il est clair que l'image d'une matrice  $S$  par  $u(\varphi)$  est simultanément orthodiagonalisable à  $S$ , donc une application  $U$  de  $S_n(I)$  dans  $S_n(\mathbf{R})$  qui envoie  $S$  sur une matrice  $T$  qui ne l'est pas n'a pas d'antécédent par  $u$  ; c'est également le cas si l'image d'une matrice scalaire n'est pas scalaire, ce qu'un certain nombre de candidats ont vu.

**Q10** - Il s'agissait de vérifier l'identité de  $u(f)$  avec  $f$  lorsque  $f$  est un polynôme. La plupart des candidats ont vérifié sans mal que si  $f$  est un polynôme  $P$ , alors  $u(P)(S) = P(S)$  pour toute matrice symétrique  $S$  : ce sont les mêmes calculs qu'à la **Q7**, avec souvent les mêmes lacunes, notamment l'absence de justification de l'égalité  $P(S) = {}^t\Omega P(D)\Omega$ . Cette relation et l'injectivité de  $u$  suffisent à établir la réciproque, alors que comme à la question précédente, de nombreux candidats ont affirmé que celle-ci est fautive puisque la valeur de  $f$  n'est imposée qu'aux points  $s_i$ .

**Q11** - Cette question est un véritable révélateur de caractère. Il faut passer de la limite d'une suite de fonctions de variable réelle à la limite d'une suite de fonctions de matrices. Les comportements des candidats sont allés d'un extrême à l'autre. Il y a les scrupuleux qui citent et vérifient toutes les hypothèses requises, les pressés qui les citent sans les vérifier, les désinvoltes qui en parlent sans vraiment les citer et les dédaigneux qui ne les mentionnent même pas.

La convergence simple des suites  $(u(\varphi_k))$  et  $(v(\varphi_k))$  était très facile à obtenir, mais a rarement été justifiée correctement. Généralement, les candidats ont omis de justifier le fait que si  $D_k$  tend vers  $D$  alors  ${}^t\Omega D_k \Omega$  tend vers  ${}^t\Omega D \Omega$  parce que l'application qui à  $D$  associe  ${}^t\Omega D \Omega$  est continue car linéaire en dimension finie. Signalons que l'argument « par continuité du produit matriciel » est bien trop vague pour pouvoir être pris en compte. Les rares candidats qui ont essayé d'expliquer ce que signifie  $(u(\varphi_k))$  converge vers  $(u(\varphi))$  en ont été récompensés. La convergence de la suite  $(v(\varphi_k))$  s'en déduisait en invoquant la continuité de la trace que bien peu de candidats ont pensé à justifier, mais il était encore plus facile de l'établir directement puisqu'il s'agit de la somme de  $n$  suites convergentes de réels.

Curieusement, la convergence uniforme, quand elle a été abordée, a été traitée avec davantage de rigueur, sans doute du fait de la nécessité d'introduire une norme sur  $S_n(\mathbf{R})$  pour pouvoir la définir correctement. Les candidats n'ont pas tous utilisé la norme définie dans l'énoncé ; certains ont préféré la norme euclidienne, d'autres la norme subordonnée  $\|A\| = \sup\|AX\|; X \in \mathcal{M}_n(\mathbf{R}), \|X\| = 1$  : celle-ci n'étant pas au programme, il convenait de vérifier que c'est bien une norme avant de l'utiliser. La majoration de  $\|{}^t\Omega(D_k - D)\Omega\|$  a souvent été incorrecte du fait de l'oubli du facteur  $n$ , de même que la majoration de  $\|\Omega\|$  par 1, laquelle n'a pas toujours été signalée ; en outre certaines copies étaient rédigées de façon telle que la même matrice de passage orthogonale  $\Omega$  servait à diagonaliser toutes les matrices symétriques réelles. Pour la convergence uniforme de la suite  $(v(\varphi_k))$ , la continuité de la trace ne suffisait pas, il fallait invoquer son caractère lipschitzien qui résulte de sa continuité en tant qu'application linéaire en dimension finie, mais encore fallait-il le préciser. Encore une fois, la démonstration directe était plus simple.

En fait, l'application  $u$  est elle-même continue de l'espace vectoriel des fonctions bornées sur  $I$  à valeurs réelles dans l'espace vectoriel des fonctions bornées sur  $S_n(I)$  à valeurs dans  $S_n(\mathbf{R})$ , comme on peut le vérifier aisément car il s'agit d'espaces vectoriels normés, ce qui n'est pas le cas des mêmes espaces

de fonctions non nécessairement bornées pour lesquels la démonstration directe de cette continuité dépasse les limites du programme.

### Norme et convexité

Après avoir rappelé le théorème de Courant-Fischer, on en déduit la convexité de  $S_n(I)$  par encadrement des valeurs propres d'un barycentre à coefficients positifs de deux de ses éléments  $S$  et  $T$  par le même barycentre des minima et maxima de leurs spectres via l'encadrement par celles-ci de  ${}^tX SX$  et de  ${}^tX T X$  quand  $X$  décrit l'ensemble  $\Sigma$  des matrices colonnes de norme euclidienne égale à 1. On en déduit que le rayon spectral d'une matrice définit une norme sur  $S_n(\mathbf{R})$ , l'inégalité triangulaire résultant immédiatement de l'application de la preuve de la convexité de  $S_n(I)$  à un isobarycentre de deux matrices avec un facteur 2.

**Q12** - Ces deux égalités, conséquences du théorème de Courant-Fischer, s'établissent aisément en se plaçant dans une base orthonormale de diagonalisation de  $S$ , ce que seule une minorité de candidats ont fait. Nous avons lu plusieurs fois que l'ensemble  $\{{}^tX SX; X \in \Sigma\}$  est identique au spectre de  $S$ , ce qui méconnaît le fait que celui-ci est fini tandis que cet ensemble est généralement un segment d'intérieur non vide. Il suffit de penser à l'ellipsoïde d'inertie d'un solide quelconque : les longueurs des axes de symétrie sont les valeurs propres de la matrice symétrique qui représente le tenseur d'inertie, tandis que l'ensemble précédemment décrit est constitué des longueurs de tous les rayons de l'ellipsoïde. Cette grave erreur de conception a été obtenue au prix de contorsions de calcul, la principale étant la simplification par  $X^t X$ , censé être égal à 1 comme l'est  ${}^tX X$  ! Inutile de préciser que ce genre de propos a valu zéro pour la question aux candidats qui les ont commis. Par contre, nous avons apprécié que certains candidats prennent la peine de justifier l'existence du maximum et du minimum de l'ensemble  $\{{}^tX SX; X \in \Sigma\}$ .

**Q13** - S'il était facile – et a été malheureusement souvent omis – d'établir que le barycentre à coefficients positifs de deux matrices symétriques réelles est encore une matrice symétrique réelle, il l'est moins de vérifier que celle-ci appartient à  $S_n(I)$ . Plusieurs candidats se sont trompés sur la définition de cet ensemble comme cela a déjà été fait à la **Q5** : encore des points perdus, ce qui montre l'importance de bien lire l'énoncé et notamment les définitions qui l'introduisent. Mais surtout, un grand nombre d'entre eux ont affirmé que les valeurs propres d'un barycentre de deux matrices symétriques sont barycentres avec les mêmes poids des valeurs propres de ces matrices : c'eût certes été plus simple si cela avait été vrai, mais comme disait le grand mathématicien japonais Sigeru Mizohata : *Mathematics should be simple, but they couldn't*. Il convenait donc d'utiliser le résultat de la question précédente et de considérer l'ensemble  $\{{}^tX(\lambda S + (1 - \lambda)T)X$ , quand  $X$  décrit  $\Sigma$ , dont les bornes sont dans  $I$  du fait qu'il en est de même pour les ensembles correspondants pour les matrices  $S$  et  $T$ .

La deuxième partie de la question, qui consistait à montrer que le rayon spectral  $\rho$  constitue une norme sur l'espace vectoriel des matrices symétriques réelles, a été très inégalement réussie. Il fallait d'abord se souvenir de tous les attributs d'une norme, or il en manquait souvent un et quelquefois deux : en premier lieu la positivité, puis l'homogénéité et quelquefois le caractère défini. Montrer que  $\rho(\lambda S) = |\lambda|\rho(S)$  ne pouvait se faire sans d'abord préciser et établir que le spectre de  $\lambda S$  est l'homothétique de rapport  $\lambda$  du spectre de  $S$  ; de surcroît la valeur absolue sur  $\lambda$  a souvent été oubliée. La preuve du caractère défini requérait de rappeler que  $S$  étant symétrique réelle, elle est diagonalisable, et donc elle est nulle si toutes ses valeurs propres sont nulles. Quant à l'inégalité triangulaire, elle n'a pratiquement jamais été oubliée, mais comme dans la preuve de la convexité de  $S_n(I)$ , de nombreux candidats ont affirmé que les valeurs propres de la somme de deux matrices symétriques réelles sont les sommes des valeurs propres de ces matrices. Il suffisait, comme certains l'ont fait, de remarquer que  $\rho(S) = \max\{|{}^tX SX|; X \in \Sigma\}$ , majorer  $|{}^tX(S + T)X|$  par  $|{}^tX SX| + |{}^tX T X|$ , puis prendre les maxima pour  $X$  décrivant  $\Sigma$ . D'autres ont utilisé les maxima et les minima de ces quantités sans valeur absolue, ce qui requérait de considérer plusieurs cas selon les signes de ceux-ci.



### Continuité des fonctions de matrices symétriques

**Q14** - L'immense majorité des candidats n'ont pas compris qu'il n'y a pas de réponse simple et rapide à cette question, et ont écrit à peu de chose près : « L'application  $\psi$  qui à  $S$  associe  $XI_n - S$  est continue et le déterminant est une application continue, donc par composition,  $\chi$  est une application continue ». Certains ont proposé une version plus élaborée, à savoir «  $\chi$  est polynomiale en les coefficients de  $S$  donc elle est continue ». Bien sûr, ces deux raisonnements sont faux : ce n'est pas  $\chi$  qui est un polynôme en les coefficients de  $S$ , mais c'est chacun des coefficients de ce polynôme, ce que certains candidats ont tout de même indiqué. Plus subtilement,  $\psi$  est une application non de  $S_n(\mathbf{R})$  dans lui-même, mais de  $S_n(\mathbf{R})$  dans l'ensemble  $S_n(\mathbf{R})[X]$  des polynômes à coefficients dans  $S_n(\mathbf{R})$  ; ensuite ce n'est pas l'application déterminant de  $S_n(\mathbf{R})$  dans  $\mathbf{R}$  qui intervient, mais l'application  $\xi$  de  $S_n(\mathbf{R})[X]$  dans  $\mathbf{R}[X]$  qui résulte de l'application déterminant. Quelques rares candidats ont signalé que  $\chi$  est une application à valeurs dans l'espace vectoriel des polynômes, plus rares encore sont ceux qui ont précisé qu'il s'agit d'un espace vectoriel normé et ont fourni une norme sur cet espace avant de donner un raisonnement à peu près convaincant de la continuité de  $\chi$ .

**Q15** - Un certain nombre de candidats ont vu que la suite  $(M_k)$  étant convergente, elle est bornée, et par équivalence des normes en dimension finie, elle est bornée pour la norme  $\rho$  définie par le rayon spectral. De ce fait, la suite  $(\Lambda_k)$  est également bornée, cette fois dans  $\mathbf{R}^n$ , et donc admet une valeur d'adhérence en raison du théorème de Bolzano-Weierstrass, pour lequel il convenait de préciser que comme  $\mathbf{R}^n$  est de dimension finie, ses fermés bornés sont des compacts. Certains candidats ont raisonné composante par composante, ce qui était licite à condition de pratiquer des extractions successives de suites de réels et non simultanées, ces dernières risquant de n'avoir qu'un nombre fini de termes communs. Le mot croissante a donné lieu à confusion, certains candidats croyant qu'il s'agissait des suites  $(\lambda_{i,\alpha(k)})_{k \in \mathbf{N}}$  à la  $i$ -ème position, alors que cela signifiait tout simplement de la croissance de la suite finie valeur d'adhérence de la suite  $(\Lambda_k)$ . La plupart de ceux qui l'ont compris n'ont pas pris la peine de l'établir alors qu'il s'agit d'un raisonnement tout à fait élémentaire de passage à la limite dans les inégalités.

**Q16** - Quelques candidats ont considéré la suite  $(\chi(M_{\alpha(k)}))$ , qui converge par continuité de  $\chi$  vers  $\chi(M)$ , puis la suite  $(Q_{\alpha(k)})$  des polynômes

$$Q_{\alpha(k)}(X) = \prod_{i=1}^n (X - \lambda_{i,\alpha(k)})$$

qui converge vers un polynôme  $Q$  : par unicité de la limite et croissance de tous les spectres, les limites des suites  $(\lambda_{i,\alpha(k)})_{k \in \mathbf{N}}$  sont les valeurs propres de  $M$ , ce qui assure la convergence de la suite des spectres croissants des matrices  $M_{\alpha(k)}$  vers le spectre croissant de  $M$ . Une poignée de candidats ont procédé par orthodiagonalisation des matrices  $M_k$  sous la forme  $M_k = {}^t\Omega_k D_k \Omega_k$ , en prenant soin de ranger les éléments diagonaux de  $D_k$  par ordre croissant, puis arguant de la compacité de  $O_n(\mathbf{R})$  établie dans le **Q18**, ont extrait de la suite  $(\Omega_k)$  une suite convergente  $(\Omega_{\alpha(k)})$  vers une matrice orthogonale  $\Omega$  ; la convergence de la suite  $(D_{\alpha(k)})$  vers une matrice diagonale  $D$  s'ensuit, et de la relation  $M = {}^t\Omega_k D \Omega_k$  ils ont déduit le fait que la suite des spectres croissants des matrices  $(M_{\alpha(k)})$  converge vers le spectre croissant de  $M$ . Certes, la suite  $(M_{\alpha(k)})$  considérée ici n'est pas celle qui est proposée par l'énoncé, mais ce raisonnement fournissait tout aussi bien les éléments permettant de traiter la question suivante.

**Q17** - Il résulte de la question précédente que pour toute suite convergente  $(M_k)$  de matrices symétriques réelles, la suite de leurs spectres croissants  $(\Lambda_k)$  admet pour unique valeur d'adhérence le spectre croissant  $\Lambda$  de sa limite  $M$ . Un certain nombre de candidats en ont déduit que la suite  $(\Lambda_k)$  converge vers  $\Lambda$ , mais certains ont oublié de préciser que cela résulte également du fait que la suite  $(\Lambda_k)$  est bornée à valeurs dans un espace vectoriel réel de dimension finie. On pouvait en déduire la continuité de  $S_p \uparrow$ , à condition de préciser qu'il s'agit là de la caractérisation séquentielle de la limite.

**Q18** - Cet exercice classique de MP a rarement été complètement réussi par les candidats qui l'ont abordé. En effet, nous avons été surpris du nombre de ceux qui, ayant traité les **Q17** et **Q19**, ont fait l'impasse sur un raisonnement qu'ils ont sûrement vu en cours. Quant aux autres, beaucoup, mais pas tous, ont commencé par préciser que comme l'espace vectoriel  $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$  est de dimension finie, il suffit de vérifier que  $O_n(\mathbf{R})$  est fermé et borné ; de manière regrettable, certains ont parlé de l'espace vectoriel  $O_n(\mathbf{R})$ , d'autres ont affirmé que c'est un compact comme image réciproque d'un compact par une application continue, erreurs de conception qu'une connaissance correcte du cours aurait permis d'éviter.

Le caractère borné a été établi avec des réussites diverses : un certain nombre de candidats ont utilisé la norme de l'énoncé et vérifié que tous les éléments d'une matrice orthogonale sont en valeur absolue inférieurs ou égaux à 1, et d'autres ont montré que la norme de Schur, issue de la structure euclidienne de  $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ , d'une matrice orthogonale, est égale à  $\sqrt{n}$  quand ils n'ont pas oublié la racine carrée dans la définition de cette norme. Par contre, le recours à la norme issue du rayon spectral était proscrit, celle-ci n'étant définie dans l'énoncé que pour les matrices symétriques réelles, certains candidats ayant décrit l'ensemble des valeurs propres d'une matrice orthogonale par la liste  $(-1, -1, \dots, -1, 1, 1, \dots, 1)$ , ce qui laisse songeur sur leur conception de ces matrices.

Quant au fait que  $O_n(\mathbf{R})$  est fermé, il a été établi comme il se doit en montrant que c'est l'image réciproque d'un fermé par une application continue, en l'occurrence l'image réciproque de  $I_n$  par l'application qui à une matrice  $M$  associe  ${}^tMM$ . Toutefois, il convenait de justifier proprement ladite continuité, de manière plus convaincante que par l'expression *par continuité du produit matriciel*, soit en invoquant la bilinéarité en dimension finie soit en disant que les coefficients de  ${}^tMM$  sont fonctions polynomiales des coefficients de  $M$ . Par contre, nous avons été très surpris du nombre de candidats pour lesquels les matrices orthogonales sont celles dont le déterminant est égal à 1 ou à  $-1$ , erreur majeure de conception sur une notion pourtant essentielle du programme.

**Q19** - Passons sur les candidats qui se sont contentés d'une affirmation sommaire du genre «  $u(\varphi)$  est linéaire en dimension finie, donc est continue », ou ont confondu la continuité de  $u(\varphi)$  avec celle de  $u$  – alors que celle-ci a pratiquement été démontrée à la **Q11** – sans prendre en compte l'hypothèse incontournable de continuité de  $\varphi$ . La plupart des candidats qui ont abordé sérieusement cette question ont pensé à démontrer cette continuité par sa caractérisation séquentielle, et ont donc considéré une suite  $(S_k)$  de  $S_n(I)$  convergeant vers une matrice  $S$  de  $S_n(I)$ . Après avoir orthodiagonalisé les matrices  $S_k$  sous la forme  $S_k = {}^t\Omega_k D_k \Omega_k$ , ils ont utilisé la continuité de  $S_p \uparrow$  pour en déduire l'existence d'une limite  $D = \text{Diag}(s_1, \dots, s_n)$  à la suite  $(D_k) = (\text{Diag}(s_{1,k}, \dots, s_{n,k}))$  puis celle de  $\varphi$  pour en déduire la convergence des suites  $(\varphi(s_{i,k}))$  vers  $\varphi(s_i)$ . Cependant, seuls certains d'entre eux ont pensé au fait que les matrices de passages sont a priori différentes pour toutes les matrices  $S_k$ , et ont argué de la compacité de  $O_n(\mathbf{R})$  établie à la question précédente pour extraire de la suite  $(\Omega_k)$  une sous-suite convergente. Cela leur a permis de conclure à l'existence et l'unicité de la valeur d'adhérence de la suite  $(u(\varphi)(S_k))$  et donc à sa convergence.

La continuité de  $v(\varphi)$  se déduisait de celle de  $u(\varphi)$  par composition par la trace qui est continue. Il était également possible de l'établir directement, ce qui était plus simple puisqu'il suffisait de considérer la somme des  $\varphi(s_{i,k})$ , ce qu'aucun candidat n'ayant pas réussi à établir la continuité de  $u(\varphi)$  n'a essayé de faire.

### Convexité des fonctions de matrices symétriques

**Q20** - Il s'agissait de démontrer que les éléments diagonaux de toutes les matrices orthoconjuguées d'une matrice  $S$  de  $S_n(I)$  appartiennent à  $I$ , puis d'obtenir une expression de  $v(f)(S)$  pour une fonction convexe  $f$  comme maximum des sommes des images par  $f$  des éléments diagonaux de ces matrices. Très peu de candidats ont abordé cette question avec quelque succès, l'erreur la plus courante ayant été de considérer que ces matrices orthoconjuguées de  $S$  sont diagonales. Ceux qui ont pensé à calculer ces

éléments diagonaux et l'ont fait correctement les ont certes vus comme des barycentres des éléments diagonaux de  $S$  mais ont parfois omis de préciser que ces barycentres étaient à coefficients positifs.

**Q21** - Un nombre non négligeable de candidats n'ayant pas abordé les questions précédentes ont traité cette question. Il convenait tout d'abord signaler que  $(1 - t)A + tB$  appartient à  $I$ , ce qui légitime le calcul de son image par  $v(f)$ . Ensuite l'expression de  $v(f)$  donnée à la question précédente permettait d'obtenir assez aisément le résultat demandé en utilisant la convexité de  $f$ . Il convenait toutefois de gérer avec soin le passage au maximum sur l'ensemble des matrices orthoconjuguées, idéalement d'abord sur le membre de droite puis sur le membre de gauche.

**Q22** - Le sens réciproque résulte évidemment de la question précédente, tandis que le sens direct pouvait être établi en considérant des matrices scalaires, ce qu'ont fait la plupart des candidats qui ont traité cette question ; certains ont plus subtilement utilisé des matrices dont le seul élément non nul était le premier élément de leur diagonale.

### 1.3.4 Conclusion

À l'issue de la correction des 6681 copies de cette épreuve, nous aimerions donner aux futurs candidats les quelques conseils suivants qui, nous l'espérons, contribueront à une meilleure réussite à cette épreuve et à d'autres. Tout d'abord, on ne répétera jamais assez qu'une bonne connaissance du cours est incontournable, à commencer par les notions fondamentales, comme par exemple la définition d'un produit de matrices, celle d'une matrice orthogonale, le théorème spectral et le théorème de Bolzano-Weierstrass, pour citer des définitions et des résultats utilisés dans le présent sujet. Ensuite, il est important de bien lire l'énoncé, y compris les définitions et notations en préambule du problème, même si elles prennent une page et demie. La manière d'aborder les questions est tout aussi importante. Quand la réponse paraît évidente, il convient de donner un minimum de justifications aux assertions à démontrer, une paraphrase de l'énoncé ne pouvant permettre d'obtenir le moindre point. Quand il s'agit d'appliquer un théorème, il est essentiel d'en vérifier toutes les hypothèses et d'en donner la conclusion exacte, par exemple ne pas se contenter de dire qu'en vertu du théorème spectral, une matrice symétrique est diagonalisable. Quand la question nécessite d'effectuer des calculs, toute tricherie est proscrite, et si le résultat obtenu n'est pas celui demandé, il faut les reprendre pour trouver l'erreur qui a mené à cette anomalie. Si la question paraît absconse, il faut regarder dans les questions précédentes ce qui peut servir à la résoudre : un théorème bien connu dit que neuf fois sur dix, la résolution de la question  $n$  fait appel au résultat établi dans la question  $n - 1$ . En tous les cas, il importe de garder deux principes à l'esprit : les questions deviennent en moyenne plus difficiles à mesure qu'on avance dans le problème, et le correcteur apprécie bien davantage qu'un candidat s'acharne sur les questions successives plutôt que d'essayer de glaner des points un peu partout dans le problème. Un entraînement régulier sur des sujets de concours, sans corrigé puis en étudiant le corrigé, reste la meilleure préparation aux épreuves écrites après avoir acquis une bonne connaissance du cours. Il importe de rédiger avec soin et de ne pas se contenter de lire les corrigés, en effet : *Qui scribit bis legit*<sup>1</sup>. Les années de préparation requièrent de limiter les temps passés aux loisirs, car comme on dit : *Necessitas feris caret*<sup>2</sup>. Mais le succès est au bout, même s'il n'est pas toujours celui qu'on attend, car *Labor omnia vincit improbus*<sup>3</sup>.

---

1. Celui qui écrit, lit deux fois

2. La nécessité n'a pas de jour férié.

3. Un travail opiniâtre vient à bout de tout.

## 1.4 Mathématiques 1 - filière PC

### 1.4.1 Présentation du sujet

Soient  $X$  une variable aléatoire réelle,  $(X_k)_{k \geq 1}$  une suite i.i.d. de variables aléatoires suivant la loi de  $X$ . Pour  $n \in \mathbb{N}^*$ , posons

$$S_n = \sum_{k=1}^n X_k.$$

Si  $X$  est d'espérance finie  $\mu$  et de variance  $\sigma^2$  avec  $\sigma \in \mathbb{R}^{+*}$ , le théorème limite central assure que la suite de variables aléatoires  $\left(\frac{S_n - n\mu}{\sigma \sqrt{n}}\right)_{n \geq 1}$  converge en loi vers une variable aléatoire normale centrée

réduite. En d'autres termes, si on pose, pour  $n \in \mathbb{N}^*$ ,  $T_n = \frac{S_n - n\mu}{\sigma \sqrt{n}}$ , alors :

$$\forall x \in \mathbb{R}, \quad P(T_n \leq x) \xrightarrow[n \rightarrow +\infty]{} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt.$$

Il existe plusieurs démonstrations de ce théorème. La plus courante consiste à appliquer le théorème de continuité de Paul Lévy. Notant  $\Phi_Y$  la fonction caractéristique d'une variable aléatoire réelle  $Y$ , on vérifie en effet que la suite de fonctions  $(\Phi_{T_n})_{n \geq 1}$  converge simplement sur  $\mathbb{R}$  vers  $x \mapsto \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$ , qui est la fonction caractéristique d'une variable aléatoire normale centrée réduite.

Il est naturel de se demander comment se comporte asymptotiquement la suite  $(S_n)_{n \geq 1}$  si  $X$  n'est plus dans  $\mathcal{L}^2$ . Dans les années 1920, Paul Lévy a complètement résolu ce problème en mettant en évidence les *lois stables* qui portent son nom.

Le sujet est consacré à la démonstration d'un cas particulier de cette question. Soient désormais  $\alpha$  un élément de  $\mathbb{R}^{+*}$ ,  $X$  une variable aléatoire à valeurs dans  $\mathbb{Z}$ , symétrique, et vérifiant la condition

$$(1) \quad P(|X| \geq n) \underset{n \rightarrow +\infty}{=} \frac{\alpha}{n} + O\left(\frac{1}{n^2}\right).$$

Posons, pour  $n \in \mathbb{N}^*$ ,  $M_n = \frac{S_n}{n}$ . On démontre que la suite de fonctions  $(\Phi_{M_n})_{n \geq 1}$  converge simplement sur  $\mathbb{R}$  vers  $x \mapsto \exp\left(-\frac{\pi\alpha|t|}{2}\right)$ . À ce stade, une application du théorème de Lévy (signalée à la fin du sujet, mais hors énoncé) permet de conclure que la suite  $(M_n)_{n \geq 1}$  converge en loi vers une variable aléatoire de Cauchy de paramètre  $\alpha$ , c'est-à-dire vers une variable aléatoire de densité  $t \mapsto \frac{2\alpha}{4t^2 + \pi^2\alpha^2}$ .<sup>4</sup>

La démonstration de la convergence simple revient à établir le développement limité

$$(2) \quad \Phi_X(t) \underset{t \rightarrow 0}{=} 1 - \frac{\pi\alpha}{2}|t| + o(t).$$

Tel est l'objet des questions 6 à 18, les questions 1 à 5 étant consacrées à des questions probabilistes proches du cours et les questions 19 à 22 à la conclusion.

---

4. Les densité gaussiennes et de Cauchy sont les deux premiers exemples de lois stables.

Les questions 6 à 13 aboutissent au calcul classique de

$$(3) \quad \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{e^{int}}{n}$$

pour  $t \in \mathbb{R} \setminus 2\pi\mathbb{Z}$  (i.e. à l'étude de la série de Taylor du « logarithme principal » ; au point 1 sur le cercle de convergence).

Les questions 14 et 15 traitent de généralités sur les fonctions caractéristiques. La question 16 contient le cœur de l'argument :

afin d'établir (2), on exprime  $\Phi_X(t)$  en fonctions des restes  $R_n := P(|X| \geq n)$  via une sommation d'Abel (question 16), afin de tirer parti de (1). Il vient

$$\forall t \in \mathbb{R}, \quad \Phi_X(t) = 1 + \sum_{n=1}^{+\infty} R_n (\cos(nt) - \cos((n-1)t)).$$

Le calcul (3) et l'hypothèse (1) amènent alors (2) sans grande difficulté.

### 1.4.2 Commentaires généraux

Ce sujet nécessitait une solide maîtrise des probabilités, testée dans les questions 1 à 5, 14-15 et 19-20, et de l'analyse (intégration, y compris convergence dominée et intégrales à paramètre, séries, séries de fonctions, un peu de topologie), évaluée dans les questions restantes. Il permettait de vérifier la connaissance de plusieurs théorèmes importants du cours, ainsi que la capacité à mener assez rapidement des calculs non triviaux. Le caractère fermé de la plupart des questions a conduit à un barème exigeant en fait de justifications précises.

De bon niveau, le texte restait cependant abordable. Il comprenait un nombre important de questions de difficulté moyenne, nécessitant simplement une connaissance correcte du cours, assortie à une certaine rigueur dans son application et/ou la capacité de mener à bien des calculs simples. Il a permis un étalonnage très satisfaisant des copies. Les meilleurs candidats ont su traiter l'essentiel du sujet, beaucoup ont montré des qualités importantes.

À l'inverse, un lot important de copies témoignent d'un manque de recul sur le cours et de faibles capacités calculatoires. Le premier point les conduit à produire un discours émaillé de graves confusions et très souvent dépourvu de sens ; en particulier, les notions d'espérance et d'égalité en loi sont souvent mal comprises. Pire, dans un nombre non négligeable de copies, les questions 1 à 5 donnent naissance à des écritures absurdes  $P(X)$ ,  $P(X())$ . Le second point se traduit de façon particulièrement nette dans la manipulation des inégalités ; ainsi, dans les questions 6 à 11, beaucoup de copies écrivent des inégalités portant sur les nombres complexes.

### 1.4.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Beaucoup de candidats oublient que, pour définir l'espérance, une condition de convergence absolue est nécessaire.

**Q2** - Beaucoup d'erreurs dans cette question très proche du cours. En particulier, confusion fréquente entre «  $X$  est bornée » et «  $X$  ne prend qu'un nombre fini de valeurs », parfois parce que  $X$  est implicitement supposée à valeurs entières.

**Q3** - Le premier point était immédiat en appliquant un théorème du cours ; il a parfois donné lieu à des développements étranges. Pour le second point, assez peu de candidats invoquent l'argument simple selon lequel une variable aléatoire dont le carré est d'espérance finie est elle-même d'espérance finie.

**Q4** - Beaucoup de candidats confondent égalité en loi et égalité, ce qui les conduit à écrire des relations du genre  $f(X) = f(-X) = -f(X)$ .

**Q5** - Beaucoup de discours sans contenu, qui n'utilisent pas l'indépendance pour montrer que  $(-X, -Y)$  et  $(X, Y)$  ont même loi.

**Q6** - Le résultat était une simple application de la régularité d'une intégrale fonction de sa borne supérieure, qu'il fallait étayer en justifiant la bonne définition de l'intégrale, i.e. en justifiant que  $1 - uz \neq 0$  pour  $u \in [0, 1]$ . Le problème de définition est largement ignoré, ou étrangement abordé via la « règle de Riemann » en une borne, alors que la fonction intégrée est continue sur le segment  $[0, t]$ . Certains candidats compliquent les choses en se ramenant à une intégrale à paramètre et donnent un résultat (pas toujours juste) sous forme intégrale. D'autres utilisent, de manière purement formelle, un logarithme complexe hors programme.

**Q7** - Question très élémentaire, reposant sur l'inégalité triangulaire et son cas d'égalité. La seconde partie n'est quasiment jamais traitée. Beaucoup de candidats écrivent des inégalités entre nombres complexes.

**Q8** - Bon nombre de candidats voient qu'il s'agit de permuter une limite et une intégrale. En revanche, les justifications (majoration directe, convergence uniforme ou dominée) ne sont complètes que dans peu de copies.

**Q9** - La locution « formule de Taylor » a posé problème. Certaines copies évoquent la formule de Taylor-Young (inutilisable ici). D'autres affirment sans preuve que  $L$  est somme de sa série de Taylor en 1.

**Q10** - Très peu de justifications pour la première partie, et des confusions entre continuité et continuité séparée. Dans la seconde partie, l'utilisation du théorème des bornes atteintes est rarement vue.

**Q11** - Cette application du théorème de classe  $C^1$  des intégrales à paramètre a été largement abordée. Une partie significative des candidats connaît les hypothèses du théorème et vérifie correctement les hypothèses de domination. D'autres commettent des erreurs surprenantes (par exemple en dérivant sous l'intégrale par rapport à la variable d'intégration).

**Q12** - Il s'agissait d'un petit calcul fondé sur la question précédente. Certains candidats effectuent un changement de variable à valeurs complexes dans l'intégrale. Ceux qui calculent correctement  $F'$  ne donnent pas toujours un argument complet pour  $F$  ; dans certaines copies, on lit même  $F(t) = \int_{-\pi}^{\pi} F'(t) dt$ , ce qui rassemble beaucoup de fautes en un espace très court.

**Q13** - Question de synthèse, qui a permis de récompenser les candidats ayant fait l'effort de comprendre où l'énoncé voulait en venir.

**Q14** - La bonne définition, qui découle de la question 2, est souvent omise. Le reste de cette question facile est traité convenablement, au fait près que la valeur absolue de  $|\Phi_X(t)|$  disparaît assez fréquemment.

**Q15** - La continuité reposait sur un argument de convergence normale, qui n'est vu que par une minorité de candidats.

**Q16** - La partie « formelle » des deux calculs est assez souvent comprises dans les copies qui abordent ces questions, même si le passage « de  $\mathbb{Z}$  à  $\mathbb{N}$  » est souvent savonné. En revanche, les justifications sont rarement complètes.

**Q17** - Dans la première sous-question, l'argument de convergence normale n'est pas souvent vu. Les sous-questions suivantes sont rarement abordées.

**Q18** - La première partie est rarement traitée. Pratiquement aucun des candidats qui abordent la seconde partie ne voit que la réponse est non, et que l'on a en fait, par parité de  $\Phi_X$ , la relation (2) (qui s'impose aux candidats ayant bien traité par la suite la question 21).

**Q19 à 22** - Ces questions ont été partiellement abordées par les meilleurs candidats et ont également fait l'objet de grappillages. Dans le second cas de figure, les justifications ont souvent été très insuffisantes.

#### 1.4.4 Conseils aux futurs candidats

Nous incitons les candidats à apprendre leur cours de manière réfléchie, afin de maîtriser en profondeur les notions et les théorèmes du programme. Nous leur conseillons également de s'entraîner intensivement au calcul, en particulier à la manipulation des inégalités.

Il est plus fructueux de bien traiter une partie des questions plutôt que de produire un discours inconsistant pour chacune d'entre elles : les tentatives de bluff n'apportent aucun point et préviennent très défavorablement le correcteur quant à l'ensemble de la copie. Nous rappelons enfin que les questions « faciles » doivent être correctement et complètement rédigées pour être valorisées, surtout en début de problème.

Nous soulignons également l'importance d'une lecture précise de l'énoncé : beaucoup de candidats traitent les questions en ajoutant des hypothèses superflues : ainsi, dans les questions 1 et 2, les variables aléatoires considérées ne sont pas à valeurs dans  $\mathbb{Z}$ .

Rappelons pour conclure l'importance de la présentation. Les copies peu lisibles sont pénalisées ; on recommande aux candidats d'employer une encre foncée, qui reste bien visible sur les copies scannées. Une présentation soignée (écriture nette, absence de ratures, résultats encadrés) est très appréciée. Enfin, il est demandé aux candidats de numéroter leurs copies de façon cohérente : les correcteurs n'ont pas à se voir confrontés à un jeu de piste !

## 1.5 Mathématiques 2 - filière PC

### 1.5.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet tourne autour d'un théorème de Polya sur les polynômes réels à racines toutes réelles. On dispose pour les polynômes<sup>5</sup> de deux écritures, l'une additive sous la forme  $\sum_k a_k X^k$  et l'autre multiplicative  $\prod_k (X - a_k)$  et alors que les relations coefficients-racines permettent de passer de l'écriture multiplicative à l'additive, on sait depuis Galois que le passage dans l'autre sens n'est en général pas possible.

Partant de l'observation aisée découlant d'une application directe du théorème de Rolle, que le polynôme dérivé d'un polynôme à racines toutes réelles est encore à racines toutes réelles, et de la linéarité de la dérivation la rendant transparente dans l'écriture additive des polynômes (il suffit, à décalage près, de multiplier la suite des coefficients par les éléments de la suite  $(1, 2, 3, \dots)$ ), suivant Polya, on s'intéresse alors aux suites réelles,  $(\gamma_n)_{n \in \mathbb{N}}$  vérifiant la propriété suivante : à chaque fois qu'on dispose d'un polynôme réel à racines toutes réelles, écrit sous sa forme additive  $\sum_k a_k X^k$ , alors le polynôme  $\sum_k \gamma_k a_k X^k$  est aussi à racines toutes réelles.

Afin de ne pas rallonger encore un sujet déjà très long, le théorème de Schur est admis et le lecteur curieux pourra en trouver une preuve, reposant notamment sur le résultat de la **Q8**, dans le livre de B. Levin *Distribution of Zeros of Entire Functions*, au chapitre VIII section 2.

Avant d'attaquer le coeur de la démonstration, on parcourt une partie du programme de PC où l'on peut trouver des polynômes réels à racines toutes réelles :

- en algèbre linéaire avec les polynômes caractéristiques des matrices symétriques,
- les polynômes orthogonaux,

---

5. Pensez à l'analogie entre  $\mathbb{Z}$  et  $\mathbb{R}[X]$  avec l'écriture en base 10 et la factorisation en facteurs premiers.

- les séries génératrices de certaines variables aléatoires,
- les formes quadratiques.

On définit enfin les suites multiplicatives au sens de Polya-Schur et on commence par en étudier les premières propriétés notamment en utilisant le théorème de Rolle : annulation et changements de signe.

La dernière partie, nettement plus difficile, s'intéresse alors au théorème de Polya-Schur, i.e. à donner une caractérisation des suites multiplicatives au sens de Polya-Schur.

### 1.5.2 Analyse détaillée des questions

Dans le détail des questions :

**Q1** - Log-concavité de la suite binomiale : la question a été généralement bien traitée, il faut cependant éviter de donner à lire au correcteur des inégalités forcément justes puisque l'énoncé le propose, sans que la justification ne saute aux yeux !

**Q2** - Question plutôt bien traitée par l'ensemble des candidats mais il faut veiller aux signes lorsqu'on multiplie une inégalité.

**Q3** - L'unimodularité mentionne un  $j$  qu'il s'agit, à priori, de caractériser, visiblement il s'agit ici de l'indice où la suite est maximale. On trouve de nombreuses copies qui raisonnent sur tous les indices à la fois sans savoir où aller. Ainsi une solution naturelle consiste à partir de  $a_j$  pris maximal parmi les éléments de la suite, ou alors d'utiliser la monotonie de  $a_{j+1}/a_j$  et de regarder l'indice où on franchit 1.

**Q4** - Les multiplicités n'ont été étudiées que dans la moitié des copies, les autres se contentant de construire les racines données par le théorème de Rolle.

**Q5** - Le jury a été désagréablement surpris par les réponses à cette question pourtant très simple. Par négligence le degré a souvent été donné comme étant égal à  $n$ , quand il n'était pas nul ! Il s'agissait dans un premier temps de remarquer que 0 ne pouvait pas être racine, puis de remarquer que  $Q(z) = 0$  si et seulement si  $P(1/z) = 0$  et que donc toutes les racines de  $Q$  devaient être réelles.

**Q6** - Quelques copies ont réussi à mener les calculs jusqu'au bout, les autres se sont contentées de suggérer de prendre le discriminant d'un polynôme de degré 2 qu'ils ont renoncé à calculer, ce qui est bien dommage.

**Q7** - La stratégie de la question 4 menait à donner toutes les racines sauf une, qu'on pouvait alors obtenir soit par le théorème de Rolle dit infini, ou simplement en disant que les racines complexes non réelles viennent en couple avec leur conjugué complexe.

**Q8** - La question a été abordée via l'écriture additive de  $P$  ce qui ne pouvait pas donner le résultat.

**Q9** - Le jury conseille aux candidats de ne pas perdre inutilement du temps à redémontrer que les valeurs propres d'une matrice symétrique sont réelles, mais simplement d'invoquer le théorème du cours. Le jury signale par ailleurs que, conformément au théorème de Galois, des manipulations sur les lignes et colonnes ne peuvent pas, en général, permettre de calculer les valeurs propres.

**Q10** - Il s'agissait essentiellement de bien rappeler que la matrice de passage pour obtenir une matrice diagonale, peut être prise orthogonale.

**Q11** - La question était plus difficile. On pouvait utiliser que les polynômes caractéristiques de  $AB$  et  $BA$  étaient identiques (connaissance hors programme), éventuellement se limiter au cas où  $A$  est inversible, ou alors reprendre la preuve classique du fait qu'une matrice symétrique a toutes ses valeurs propres réelles.

**Q12** - Il fallait veiller à utiliser la continuité pour prouver la séparation et invoquer le fait qu'un polynôme nul sur une partie infinie est nécessairement nul.



**Q13** - Le procédé d'orthonormalisation de Gram-Schmidt est connu mais il faut bien préciser la base de départ pour que la construction vérifie les conditions demandées. Par ailleurs une proportion notable des candidats ont mentionné les polynômes de Lagrange, certainement en désespoir de cause !

**Q14** - Seules quelques rares copies sont parvenues à résoudre cette question qui visiblement n'est plus si classique, sur les racines des polynômes orthogonaux.

**Q15** - La question a été très mal traitée, certains candidats ont pensé qu'on avait des variables de Bernoulli de même paramètre. Souvent le jury a observé des formules mentionnant un indice  $i$  non défini ce qui ne pouvait pas avoir de sens.

**Q16** - Cette question délicate a été très rarement abordée correctement.

**Q17** - La matrice de Vandermonde est souvent apparue mais il fallait soit écrire un système d'équations qui y était associé, soit préciser quelle base était utilisée pour écrire la famille considérée (la notion de base duale est hors programme à priori). Il s'agissait par ailleurs de bien remarquer que la matrice n'était pas nécessairement carrée.

**Q18** - Il s'agissait essentiellement de savoir développer correctement le carré d'une somme, puis de rassembler les différents termes.

**Q19** - Il fallait bien préciser que le carré d'un nombre *réel* est positif.

**Q20** - Question assez mal traitée, il fallait partir d'une relation linéaire entre les applications données pour se ramener, en suivant l'indication, à la **Q17**.

**Q21** - Quelques candidats ont su exploiter l'indication qui suggérait d'annuler tous les termes d'une somme sauf un à valeur négative.

**Q22** - Question souvent bien traitée sauf par des copies qui s'essayaient à raisonner sur les coefficients sans penser à utiliser la **Q4**.

**Q23** - Il fallait considérer  $\Gamma(X^k P)$  puis factoriser par  $X^k$ , argument qui n'a été repéré que par de trop rares candidats.

**Q24** - Question pas très difficile mais nécessitant des calculs assez longs qui ont découragé les étudiants plutôt à la recherche de points vite gagnés à ce stade de la copie.

**Q25** - Question bien traitée par les rares copies qui s'y sont essayé.

**Q26** - Il s'agissait de reconnaître  $\Gamma((X+1)^n)$  et de remarquer qu'une somme de termes positifs non tous nuls ne pouvait pas être nulle. Une proportion non négligeable des copies a su repérer ces points faciles à gagner.

**Q27** - Question plus difficile et pas abordée : il s'agissait d'appliquer le théorème de Schur à  $P(X) = a_0 + \dots + a_m X^m$  et au polynôme  $P_n$  de la question précédente, puis de donner un argument justifiant que la limite d'une suite de polynômes de degré fixe dont toutes les racines sont réelles, ne possède que des racines réelles.

**Q28** - Il fallait simplement remarquer que  $\sum_k \gamma_k \binom{n}{k} X^k$  était à racines toutes réelles de sorte que d'après la question 6,  $(\gamma_k \binom{n}{k})_k$  est ultra log-concave et donc  $(\gamma_k)_k$  est concave. La question n'a pas été abordée (le sujet étant relativement long, ce n'est pas étonnant).

**Q29** - De rares étudiants ont su détecter une question vite résolue et ont pu gagner un point facilement.

**Q30** - Le calcul du rayon de convergence a été bien vu par quelques rares copies. La convergence de la suite  $(P_n)_n$  vers  $\sum_n \gamma_n x^n$  n'a pas été traitée.

**Q31** - Il s'agissait de montrer la réciproque dans le théorème de Polya via des arguments de convergence dont le jury ne s'attendait pas vraiment à lire une rédaction correcte vue la longueur du sujet.

### 1.5.3 Conclusion

Le jury note que les questions d'existence (en particulier, les **Q3**, **Q10** et **Q13**) posent des difficultés notamment parce que beaucoup de candidats ne commencent pas par construire l'objet dont on impose les contraintes et se contentent de phrases répétant plus ou moins l'énoncé. Dans ce genre de situation, un raisonnement de type Analyse-Synthèse se révèle souvent efficace.

Enfin le jury tient à signaler la proportion bien trop importante de copies où de manière répétée dans les questions dites fermées, où la réponse est indiquée, sont donnés à lire des arguments longs et vides de sens où la formule demandée finit par apparaître. Cette stratégie non seulement n'apporte aucun point mais dessert au final le candidat qui sera ensuite plus sévèrement jugé lors de chacune des questions suivantes. L'honnêteté intellectuelle, notamment d'un scientifique, est une qualité grandement appréciée, et pas seulement des correcteurs.

## 1.6 Mathématiques 1 - filière PSI

### 1.6.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet de maths 1 PSI porte sur la convergence en loi de la moyenne empirique d'une suite de variables aléatoires i.i.d. suivant une condition de dispersion.

Le problème mêle les probabilités à divers chapitres d'analyse : analyse élémentaire de première année, séries numériques, convergence dominée, intégrales à paramètre continu, séries de fonctions... Peu de questions sont vraiment faciles, mais la plupart sont de difficulté raisonnable. Les premières parties étant relativement indépendantes, quasiment toutes les questions sont abordées par une bonne part des candidats.

Les correcteurs tiennent à souligner que, malgré la préparation rendue difficile par les conditions sanitaires, les candidats ont su assimiler les programmes des deux années de classe préparatoire, et aborder l'épreuve de façon satisfaisante.

Rappelons pour terminer que la qualité de la rédaction et la présentation sont prises en compte dans l'évaluation des copies, et nous invitons les futurs candidats à y veiller.

### 1.6.2 Analyse détaillée des questions

**Q1** - La question déroute bon nombre de candidats. On attend ici la définition :  $X$  est d'espérance finie si et seulement si la série de terme général  $x_n P(X = x_n)$  est absolument convergente. Nous recommandons aux candidats de travailler en priorité le cours.

**Q2** - Dans beaucoup de copies, la variable aléatoire est considérée comme à valeurs dans un ensemble fini, ce qui n'a pas de raison d'être.

**Q3** - On peut utiliser ici deux résultats au programme. D'une part le fait qu'une variable aléatoire à valeurs dans  $\mathbb{N}$  est d'espérance finie si et seulement si la série de terme général  $P(X \geq n)$  converge. D'autre part le fait qu'une variable aléatoire ayant un moment d'ordre deux possède un moment d'ordre un.

**Q4** - On applique le principe du transfert en loi rappelé dans le préambule. Certains candidats ont prouvé directement la deuxième partie de la question en considérant les valeurs positives et négatives prises par la variable aléatoire.

**Q5** - L'indépendance et la symétrie donnent que  $(X, Y) \sim (-X, -Y)$ . On utilise alors le transfert de l'égalité en loi

**Q6** - La question est élémentaire. Dans un tiers des copies, la fonction est intégrée avec du logarithme ; le logarithme principal n'est pas au programme et de tels arguments ont été sanctionnés.

**Q7** - Cette question simple, puisque ne portant que sur l'inégalité triangulaire et son cas d'égalité, n'a été complètement traitée que par une très faible proportion de candidats. Une partie substantielle des candidats considère des inégalités entre complexes.

**Q8** - La question est bien traitée dans la moitié des copies, ce qui est satisfaisant. On attend ici une référence explicite au théorème de convergence dominée, avec domination par une fonction indépendante de  $n$ .

**Q9** - Il suffit d'utiliser **Q6** et **Q8**, et de connaître bien sûr la formule de Taylor avec reste intégral.

**Q10** - Pour le premier point, on attend une continuité par composition. Pour le second, on peut le montrer par une étude élémentaire ou un argument de borne atteinte sur un fermé borné en dimension finie. Cette question difficile n'est traitée que par une poignée de candidats.

**Q11** - Il faut ici établir le caractère  $C^1$  d'une intégrale à paramètre. La plupart des candidats ont énoncé le théorème. L'expression de la dérivée partielle et la domination sur les segments ne sont pas toujours justes.

**Q12** - Il reste à intégrer l'expression trouvée plus tôt, puis à déterminer une primitive de la fonction donnée. Les indications permettent aux candidats de traiter au moins partiellement la question.

**Q13** - Cette question de synthèse demande du recul et n'est abordée que par un petit tiers des candidats.

**Q14** - Question élémentaire de probabilité souvent traitée.

**Q15** - . On applique ici la continuité de la somme d'une série de fonctions sous l'hypothèse de convergence uniforme. Les candidats ayant abordé ce point l'ont souvent correctement fait.

**Q16** - La question est délicate et les arguments sont rarement donnés.

**Q17 et 18** - Questions de synthèse, rarement abordées de façon satisfaisante.

**Q19** - Question bien traitée dans un quart des copies.

**Q20** - Question nettement plus délicate, rarement abordée.

**Q21** - Question classique d'analyse de première année, correctement traitée par ceux qui l'ont abordée.

**Q22** - Pas abordée.

## 1.7 Mathématiques 2 - filière PSI

### 1.7.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet portait sur l'analyse spectrale des opérateurs intégraux à noyau de type positif, qui sont une version continue des endomorphismes symétriques positifs d'un espace euclidien.

Les principaux thèmes abordés par le sujet étaient les suivants :

- les espaces euclidiens, et plus généralement les espaces préhilbertiens réels (questions 3, 7, 8, 9, 12, 14, 19 et 20) ;
- les intégrales à paramètre (questions 4 et 5) ;
- la topologie (question 3) ;
- les équations différentielles (questions 16 et 17).

Le sujet était assez long. Le jury a systématiquement tenu à valoriser le bon sens des candidats (par exemple, en acceptant des définitions légèrement inexactes de la notion de fonction de classe  $\mathcal{C}^1$  par morceaux ; bien entendu, on n'a pas particulièrement valorisé les candidats croyant qu'il s'agissait simplement des fonctions de classe  $\mathcal{C}^1$ ). Le jury valorise l'honnêteté intellectuelle des candidats : par exemple, à la question 10, un candidat indiquant d'emblée qu'il se limitera à des fonctions de classe  $\mathcal{C}^1$  est mieux considéré que celui qui fait comme si l'hypothèse était «  $\mathcal{C}^1$  tout court ».

La plupart des candidats abordent l'essentiel des questions jusqu'à la 16, quelques candidats abordent avec succès la 17 ; en revanche, les autres questions ne sont traitées que très superficiellement, avec un taux de réussite extrêmement faible. Il n'est pas inutile de rappeler que les tentatives de grappillage sont le plus souvent contreproductives, les sujets étant plutôt progressifs même si des questions difficiles peuvent intervenir tôt dans le sujet (ici, la question 6).

Seules trois questions présentent des taux de réussite satisfaisants : la question 1, la question 2 et la question 10 (où, toutefois, les candidats considèrent presque toujours que les fonctions sont en réalité de classe  $\mathcal{C}^1$ ).

Le jury constate avec soulagement que l'utilisation à mauvais escient des symboles d'implication et d'équivalence a tendance à disparaître des copies. Cependant, un net relâchement est observé sur la question de l'introduction des objets manipulés : des objets mathématiques et autres variables apparaissent par magie sans jamais avoir été introduits dans le raisonnement, ce qui conduit le plus souvent à une grande confusion.

On observe aussi le défaut récurrent d'un manque de justification des résultats annoncés. Par exemple, à la question 3 beaucoup de candidats affirment que  $t \mapsto f(t, u)$  est continue pour tout  $u$  dans  $[c, d]$ , mais sans rattacher clairement cette affirmation à la continuité de  $f$  ni parler de composition de fonctions continues. Dans le même genre, chez les rares candidats qui affirment que  $[a, b][c, d]$  est un fermé borné de  $\mathbb{R}^2$ , presque aucun ne s'estime obligé de justifier son affirmation ; pourtant aucun résultat de construction de partie fermée (ou bornée) ne figure au programme. On signale au passage que le vocabulaire « compact » ne figure pas au programme (les candidats qui l'ont utilisé à bon escient n'ont cependant pas été sanctionnés).

### 1.7.2 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Cette question facile a donné pourtant lieu à des erreurs surprenantes. On voit parfois une incompréhension du format des différentes matrices en jeu (certaines écrivent que  $AX$  est carrée de taille  $n$ , idem pour  $X^T AX$ ). Trop nombreux sont ceux qui confondent une matrice avec un coefficient. On a dû pénaliser les candidats qui mélangeaient les indices sans aucune explication (le résultat étant donné, une démonstration très propre était exigée).

**Q2** - Vu la formulation de la question, on attendait une mention du théorème spectral pour voir que toutes les valeurs propres (a priori complexes) de  $A$  étaient en fait réelles. Le cœur de l'argumentation est trop souvent vague : la positivité stricte de  $X^T X$  pour un vecteur non nul  $X$  est trop rarement citée, certains candidats parlent même *du* vecteur propre associé à la valeur propre  $\lambda$ .

**Q3** - Un des problèmes rencontrés par les candidats a été le nombre élevé de variables. Il fallait d'emblée fixer  $x$  et se placer  $[a, x][c, d]$ . Trop de candidats dominant... par une fonction de  $t$ , qui était ici le paramètre ! L'habitude d'utiliser  $x$  comme paramètre et  $t$  comme variable d'intégration semble avoir pris le pas sur une analyse rigoureuse des termes du problème, et on aimerait qu'après deux ans de classes préparatoires les candidats ne soient plus impressionnés par ce genre de difficulté formelle.

On attendait ici une justification claire (composition de fonctions continues) du fait que les fonctions partielles de  $f$  sont toutes deux continues. Trop souvent, les affirmations ne sont pas quantifiées (on lit  $t \mapsto f(t, u)$  est continue, mais qu'est  $u$  ?). Peu de candidats comprennent qu'il faut majorer  $|f|$  par une constante, en s'appuyant sur le théorème des bornes atteintes. Le jury a tout de même valorisé les copies où la dominante est  $u \mapsto \max_{t \in [a, x]} |f(t, u)|$ , à condition que l'existence de cette fonction soit

justifiée et que sa continuité (par morceaux) soit citée même si elle n'est pas démontrée (les élèves de PSI ne disposent pas des outils théoriques permettant de démontrer facilement cette continuité). Des points de bonus étaient prévus pour ceux qui justifiaient très proprement le caractère fermé et borné de  $[a, b][c, d]$ . Pour le caractère borné de  $f$ , l'argument "continue sur un produit de segments" n'a pas été accepté, car il s'apparentait à du bluff.

**Q4** - Mêmes remarques qu'à la question précédente. Étrangement, cette question a régulièrement été mieux réussie que la précédente. Certains candidats ont tout de même des idées mal maîtrisées : ils parlent de primitive de  $f$  (qui est une fonction de deux variables), utilisent une étrange notation  $\varphi'(x, t)$  (ce qui ne saurait avoir de sens puisque  $\varphi$  est une fonction de deux variables). Pour dériver  $x \mapsto \int_a^x f(u, t) du$ , il est incongru d'introduire une primitive arbitraire de  $u \mapsto f(u, t)$ , alors que le cours donne directement la dérivabilité ainsi que la dérivée, une fois rappelée la continuité de  $f(-, t)$  ! Enfin, beaucoup de candidats oublient de préciser que  $\varphi(x, -)$  est bien intégrable sur  $[c, d]$  (en le justifiant).

**Q5** - Une proportion satisfaisante de candidats identifient une application de la question précédente, mais une très grande proportion d'entre eux ne s'intéresse absolument pas à la valeur de  $\psi$  en  $a$ , écrivant  $\psi(x) = \int_a^x \psi'(t) dt$  sans plus d'explication ! C'est une erreur grave.

**Q6** - Cette question difficile n'a pratiquement pas été réussie. On ne pouvait pas s'appuyer directement sur le théorème au programme sur les sommes de Riemann car il ne donne aucune façon de contrôler l'uniformité de la convergence par rapport à l'intégrande choisi. Pour majorer  $|f(u, t) - f(u_k, t_l)|$  avec  $u$  dans  $[u_k, u_{k+1}]$  et  $t$  dans  $[t_l, t_{l+1}]$ , il était bien vu, après avoir utilisé le caractère lipschitzien, de majorer immédiatement  $|u - u_k| + |t - t_l|$  par  $2\frac{b-a}{n}$  avant d'intégrer.

**Q7** - La symétrie n'a posé aucun problème. Le caractère positif a été très peu réussi ; beaucoup de candidats s'empêtrèrent dans des conflits de notation. Si l'on fixe des vecteurs  $x_1, \dots, x_n$  de  $E$  puis un vecteur  $X$  de  $\mathcal{M}_{1,n}(\mathbb{R})$ , il ne faut surtout pas noter  $x_1, \dots, x_n$  les coefficients de  $X$  ! La plupart des candidats sont bloqués car ils ne reconnaissent pas en  $\sum_{1 \leq i, j \leq n} a_i a_j (x_i | x_j)$  le développement d'un produit scalaire : c'est probablement le signe d'un manque de pratique du calcul symbolique.

**Q8** - Cette question est très mal réussie, ce qui est surprenant car il s'agissait d'une application pure et simple de la précédente. Seule une toute petite proportion des candidats repère qu'il n'y a presque rien à faire pour le caractère positif puisque les matrices de covariance du noyau envisagé sont des matrices de covariance d'un noyau étudié à la question précédente ! Pour le reste, on retrouve ici peu ou prou les mêmes problèmes qu'à la **Q7**.

**Q9** - Le jury a valorisé les candidats citant précisément le théorème spectral, en donnant une matrice de passage orthogonale ou en mettant la similitude sous la forme d'une congruence (à savoir  $A = PDP^T$  ou  $A = P^T DP$ ). Il fallait ici penser à récrire les coefficients de  $A$  à l'aide de  $P$  et des coefficients diagonaux de  $D$ , ce que très peu de candidats sont parvenus à faire (certains interrompent pourtant leur étude alors qu'ils sont très proches de la solution).

**Q10** - Limitée aux fonctions de classe  $\mathcal{C}^1$  nulles en zéro, cette question aura enregistré un taux de réussite satisfaisant même si l'on déplore l'oubli trop fréquent de la continuité de  $(f')^2$  pour passer de  $\int_0^1 (f')^2$  à  $(f')^2 = 0$ . Des bonus étaient prévus pour les candidats assumant clairement le caractère  $\mathcal{C}^1$  des fonctions (et indiquant que c'était restrictif par rapport au sujet), ou ceux traitant le sujet avec les hypothèses indiquées et parvenant à passer correctement de la nullité de  $\int_0^1 (f')^2$  à celle de  $f$ .

**Q11** - Beaucoup de candidats ignorent purement et simplement l'indication. Parmi ceux qui la suivent, presque aucun ne prend la peine de démontrer que  $K_x$  est continue, et trop nombreux sont ceux qui prétendent que  $K_x$  est dérivable en  $x$ . Pour les candidats ayant une idée presque correcte de la dérivée de  $K_x$ , le calcul du produit scalaire n'a pas présenté de difficulté.

**Q12** - Question peu réussie. Beaucoup de candidats prétendent qu'une fonction n'est d'intégrale nulle que si elle est nulle. On n'a jamais valorisé le passage direct de  $\forall f \in E, \int_I (K_x - K'_x) f = 0$  à  $K_x - K'_x = 0$

sans explication, on attendait obligatoirement une interprétation en terme de produit scalaire pour valider la réponse. Le passage de  $\forall x \in I, K_x = K'_x$  à  $K = K'$  ne nécessitait nullement la symétrie de  $K$  : en invoquant cette dernière sans écrire clairement  $\forall (x, t) \in I^2, K(x, t) = K_x(t) = K'_x(t) = K'(x, t)$ , les candidats jettent un doute sur leur compréhension de la question.

**Q13** - La linéarité de  $u_K$  est le plus souvent bien faite. Une très grande proportion des candidats ne perçoit pas l'enjeu du caractère "endo" de  $u_K$ , autrement dit le fait que  $u_K(f)$  soit bien un élément de  $E$  pour tout  $f$  dans  $E$ . On pouvait ici astucieusement s'appuyer sur la question 3, pour peu que l'on démontre proprement la continuité de  $(x, t) \mapsto K(x, t)f(t)$ . Hélas, c'est rarement fait de façon détaillé (non, cette fonction n'est pas le produit de  $K$  par  $f$ , en effet  $f$  est une fonction de deux variables !).

**Q14** - Une bonne partie des candidats sait ce qu'est un endomorphisme symétrique pour un produit scalaire. Une part non négligeable des candidats parvient à comprendre comment utiliser le théorème de Fubini pour les intégrales ainsi que la symétrie de  $K$ , mais on ne voit pratiquement jamais de démonstration précise de la continuité de  $(x, t) \mapsto K(x, t)f(t)g(x)$ . Beaucoup de candidats ont bien retenu leur cours et savent démontrer qu'alors deux vecteurs propres associés à des valeurs propres distinctes sont orthogonaux : ici, on ne pouvait toutefois pas s'appuyer directement, à moins d'un travail très substantiel, sur les propriétés vues en cours et relatives à la dimension finie (on aurait pu typiquement remarquer que  $u$  induit un endomorphisme symétrique de  $\text{Vect}(f_\lambda, f_\mu)$  et lui appliquer le théorème spectral, mais aucun candidat n'a utilisé d'une telle méthode).

**Q15** - Peu de candidats pensent à appliquer proprement l'indication (l'utilisation de sommes de Riemann, introduites proprement). La positivité des valeurs propres de  $u$  est en général affirmée sans la moindre justification ; lorsqu'une justification est donnée, elle est bien trop souvent incomplète. À nouveau, on ne pouvait pas se contenter d'une simple référence à la **Q2**.

**Q16** - Énormément de candidats voient à tort une application du théorème de Cauchy linéaire : il ne s'agissait pas d'une quelconque condition initiale ici puisque les valeurs spécifiées portaient sur deux instants distincts (il s'agit donc d'un problème de conditions aux limites, encore appelé problème de Dirichlet). Le théorème de dérivation sous l'intégrale ne pouvait être employé pour dériver  $u_K$  puisque  $K : (x, t) \mapsto \min(x, t)$  n'est certainement pas de classe  $C^1$  par rapport à la première variable.

**Q17** - Cette question est trop souvent bâclée : peu de candidats étudient le problème de la valeur propre zéro ou éliminent intelligemment le cas des valeurs propres strictement négatives. Presque tous les candidats oublient de traiter la réciproque (une fonction du type qu'ils indiquent est bien un vecteur propre). Cette question aurait dû être traitée avec davantage de soin, car la méconnaissance de la valeur de  $\lambda_k$  empêchait de traiter raisonnablement la suite.

**Q18** - Question généralement bien traitée par les quelques candidats ayant trouvé avec succès la valeur de  $\lambda_k$ . Le jury a valorisé les autres candidats qui ne connaissaient pas la valeur de  $\lambda_k$  mais qui calculaient  $\int_0^1 \int_0^1 K(x, t) dx dt$  avec succès.

Les tentatives de traitement des autres questions se sont presque toujours soldées par un échec, faute d'un recul suffisant sur ces objets abstraits.

### 1.7.3 Conseils et conclusion

Terminons comme toujours par réitérer quelques conseils importants pour les futurs candidats.

- Maîtriser parfaitement son cours.
- Bien réfléchir, aidé d'un brouillon, à la structure du raisonnement ou du calcul avant de le coucher sur le papier. Au moment de la rédaction, donner toutes les justifications pertinentes (et rien qu'elles !), et structurer correctement ses raisonnements.

- Il est toujours préférable d'analyser un nombre réduit de questions en profondeur plutôt que de traiter superficiellement la totalité du sujet. On pouvait ici avoir une note tout à fait satisfaisante en se contentant à traiter correctement les deux tiers des questions.



## 2 Physique

### 2.1 Remarques générales

Les encres pâles sont encore fréquentes, et un nombre croissant de candidats a obligé les correcteurs à utiliser la loupe tant leur écriture est minuscule.

Une présentation soignée (écriture nette, absence de ratures, résultats encadrés) dispose très favorablement le correcteur. Les correcteurs sont étonnés par le manque de soin ; beaucoup de copies ressemblent plus à un brouillon qu'à une épreuve de concours.

Il est indispensable de travailler en profondeur le cours de première et de deuxième année, de connaître les théorèmes avec leurs hypothèses.

Il est important que les candidats lisent l'énoncé et répondent à la question qui leur est posée.

Les candidats ne devaient pas se contenter de réponses superficielles et devaient produire des raisonnements construits et étayés. Les réponses à certaines questions nécessitaient un bon sens physique, une certaine autonomie et de la rigueur pour poser le problème correctement et y répondre par une modélisation précise.

Les tentatives de bluff, moins nombreuses cette année, sont lourdement sanctionnées. On recommande de bien traiter une partie des questions plutôt que de produire un discours inconsistant pour chacune d'entre elles.

On a pu noter des lacunes importantes chez de nombreux candidats dans la maîtrise des outils mathématiques de base : projections dans une base, manipulations d'une base mobile, trigonométrie, écriture d'équations où un scalaire est égal à un vecteur. Il est demandé aux candidats de numéroter leurs copies de façon cohérente : les examinateurs apprécient assez peu de se voir confrontés à un jeu de piste.

Les abréviations sont pléthoriques, au point de rendre la lecture parfois difficile en raison de l'ambiguïté qui peut en résulter. On tient aussi à insister sur le soin apporté à l'orthographe. Il est inadmissible que des étudiants se destinant à être ingénieurs rendent des copies truffées de fautes. L'accord des masculins et féminins semble difficile pour certains. On ne compte pas les copies avec des « principe fondamentale de la dynamique ». Les pluriels, les accords de participes passés (quand ils ne sont pas transformés en infinitifs) ne sont hélas pas en reste. Et que dire de ces étudiants qui après une année de Spé parlent encore d'équations de « Maxwelle » ? L'orthographe est juste une question de concentration et d'exigence vis-à-vis de soi-même. Sur le fond, on rappelle qu'une application numérique donnée sans unité vaut 0 (et que le « S.I. » n'est en général pas admis), qu'une courbe dont la légende des axes n'est pas indiquée vaut aussi 0, que paraphraser la question n'a jamais fait office de réponse.

Des résultats donnés sans justification et sans la moindre rédaction ne peuvent pas être pris en compte. Rédiger consiste à faire une phrase complète, et donc on ne commence pas une réponse par « parce que ».

### 2.2 Physique 1 - filière MP

#### 2.2.1 Généralités et présentation du sujet

L'épreuve portait sur les expériences de Jean Perrin menant à la détermination de la constante de Boltzmann. Le problème était décomposé en quatre parties en majeure partie indépendantes. Après une étude très proche du cours de l'équilibre isotherme d'une colonne de gaz, une étude mécanique de la chute des grains de gomme-gutte dans de l'eau sucrée, compensée par un courant de particules dû à la diffusion permet d'accéder par la répartition verticale des grains à la constante de Boltzmann. Une autre détermination de  $k_B$  est ensuite proposée par l'application du modèle de Langevin à l'étude du mouvement brownien et l'analyse des résultats obtenus par Jean Perrin d'une expérience de diffusion



de grains. La dernière partie, traitant d'optique géométrique, étudie la puissance du microscope utilisé lors de ces expériences.

### 2.2.2 Commentaires généraux

Le sujet, progressif et d'un niveau de difficulté adapté, a permis de classer efficacement les candidats, dont beaucoup ont pu montrer une bonne maîtrise des concepts et techniques abordés. Les meilleures copies ont été particulièrement brillantes et ont quasiment totalement traité le sujet proposé. Si le jury se félicite de voir une majorité de copies claires, aérées et de lecture agréable, il persiste à déplorer fortement ce qui lui semble relever, pour certains candidats, d'un manque de respect du correcteur. Ces rares copies (environ 2%), sont fortement pénalisées, perdant jusqu'aux deux points sur vingt dévolus dans le barème. Nous rappelons le minimum de présentation que les candidats, confrontés depuis le collège aux demandes de leurs professeurs, devraient respecter : les résultats s'encadrent, les applications numériques se soulignent, les questions se suivent, leurs numéros sont rappelés. Encore trop de copies ressemblent plus à un brouillon qu'à une épreuve de concours. De trop nombreux candidats, partant d'une équation différentielle dont les signes sont erronés, arrivent cependant à la bonne exponentielle décroissante. Si le jury apprécie leur sens physique, il ne peut que sanctionner l'entourloupe mathématique : mieux vaut alors consacrer un peu de temps à rechercher son erreur, ou signaler le problème que de compter sur l'inattention du correcteur. Les applications numériques sont explicitement demandées avec un chiffre significatif, certains candidats en fournissent quatre... et encore trop ne tentent même pas de répondre. Il est indispensable de s'entraîner durant l'année à traiter ces questions, bien valorisées. Les unités sont parfois fausses, ou absentes, ce qui évidemment enlève toute valeur à la réponse fournie par le candidat : écrire par exemple «  $\tau = 10^{-8}$ , donc le retour à l'équilibre est très rapide » ne peut pas être accepté.

### 2.2.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - De bien trop nombreux étudiants ont des problèmes d'unités dans la relation des gaz parfaits (universellement connue des candidats). Le volume d'une sphère n'est pas toujours connu. Seulement environ un quart des candidats aboutissent à l'estimation du rapport demandé.

**Q2** - Plusieurs définitions, macroscopiques et microscopiques du gaz parfait ont été acceptées. Bien souvent, la justification de l'adoption de ce modèle est absente de la réponse fournie : « Donc le modèle est adapté » n'est évidemment pas un argument recevable.

**Q3** - L'énergie potentielle a parfois été affublée d'un signe moins, son origine n'a quasiment jamais été précisée. Il n'est pas rare de voir des confusions entre les interprétations microscopiques (agitation thermique, collisions) et macroscopiques (poussée d'Archimède, pression). Visiblement certains candidats ont assimilé les atomes du gaz aux grains étudiés par Jean Perrin.

**Q4** - La masse volumique a été correctement déterminée dans une très grande majorité de copies. Certaines ne suivent pas la voie imposée par l'énoncé de l'étude de l'équilibre mécanique de la tranche d'air pour aboutir à l'équation différentielle sur  $P(z)$  et sont donc sanctionnées.

**Q5** - La valeur numérique classique de la distance caractéristique  $H$  ne semble pas connue des étudiants et ils n'exercent à cet égard aucun esprit critique. On lit souvent une hauteur de 8m, au grand désespoir des alpinistes. Par ailleurs, plusieurs candidats conservent le modèle gaz parfait pour étudier la variation de la pression dans l'eau. La détectabilité de la variation de pression est très rarement rigoureusement argumentée, on a fréquemment l'impression que le candidat répond au hasard à la question, et il n'est pas rare de voir une réponse manifestement en contradiction avec la valeur numérique de  $H$  trouvée précédemment.

**Q6 et 7** - Questions bien traitées, quelques absences d'interprétation physique du facteur de Boltzmann.

**Q8 et 9** - Bilan des forces exceptionnellement faux. Par contre l'obtention de l'équation différentielle a été à l'origine de nombreuses erreurs de signes (la définition par l'énoncé de  $\vec{v} = -v\vec{e}_z$  n'y est probablement pas étrangère). Néanmoins, les étudiants ne semblent nullement troublés d'obtenir une solution divergente ou, au choix, une solution correcte mais en incohérence avec leur équation. Ils sont également nombreux à trouver une vitesse limitée négative alors que l'énoncé pose la vitesse comme une grandeur explicitement positive.

**Q10** - De nombreuses copies écrivent la bonne relation (y compris en terme de signe) entre les vecteurs  $j_c$  et  $j_n$ , sans aucune justification, probablement guidées par l'obtention ultérieure d'une équation différentielle à solution convergente. Le reste de la question en découle souvent sans erreur.

**Q11** - Bien traitée par les candidats ayant traité la question précédente.

**Q12** - Des réponses souvent justes par homogénéité, mais sans le nécessaire passage par l'écriture de l'intégrale sur la hauteur de la colonne.

**Q13** - L'exploitation d'une régression linéaire, la détermination du coefficient directeur avec une unité correcte est parfois confuse et l'identification avec  $H_b$  laborieuse, même si de nombreux candidats arrivent finalement au résultat.

**Q14** - Bien peu de tentatives de réponses sur les causes expérimentales d'erreur, encore moins contenant des causes plausibles.

**Q15** - Souvent bien traitée, mais trop de copies ne justifient pas par la valeur numérique de la constante de temps que le mouvement s'atténue très vite (être face à une décroissance exponentielle n'est évidemment pas suffisant pour affirmer que celle-ci est rapide !)

**Q16** - Bien réussie.

**Q17** - Une réponse très fréquente a été « la vitesse quadratique est égale au carré de la vitesse ». Pour de nombreux candidats, égaler une vitesse à une vitesse au carré ne semble pas poser de problème. Beaucoup de copies n'ont pas appliqué le théorème d'équipartition au cas particulier demandé, ce qui conduit à une erreur de facteur 3 dans le résultat.

**Q18** - Question calculatoire bien réussie.

**Q19** - Calculs bien menés par les candidats ayant traité la question. La justification de l'approximation linéaire est souvent menée sans les ordres de grandeur demandés par l'énoncé.

**Q20** - Peu traitée, réussie si Q18 et Q19 réussies.

**Q21** - Souvent les conditions de Gauss et leurs conséquences sont mélangées : le stigmatisme devenant une condition de Gauss et les rayons paraxiaux une conséquence.

**Q22** - Question très mal traitée : le simple tracé des rayons est très souvent faux, sans parler du trajet du faisceau, très rarement tracé correctement. Très peu de candidats ont su utiliser l'indication « ressortant de  $L_2$  afin de former une image à l'infini », impliquant que l'image intermédiaire se situait dans le plan focal de l'oculaire. Rappelons également qu'un rayon doit porter une flèche indiquant le sens de propagation, et qu'un tracé d'optique géométrique nécessite un minimum de soin et l'utilisation d'une règle de préférence.

**Q23** - A donné lieu à beaucoup de calculs inutiles, souvent inaboutis ou non concluants. La confusion virtuelle/imaginaire est fréquente. De même qu'on peut fréquemment lire « l'image A1B1 est sur F2 ».

**Q24** - La détermination de Pi est obtenue par un petit tiers des copies. La fin de la question n'est presque jamais traitée, très peu de candidats connaissent le pouvoir séparateur de l'œil.

### 2.2.4 Conseils aux futurs candidats

- La lisibilité d'une copie (écriture aérée, schémas et graphes annotés, syntaxe correcte et orthographe rigoureuse) donne le ton d'une copie, faisant montre d'une pensée claire, et prédispose favorablement le correcteur.
- Tout résultat littéral doit être soumis à une analyse dimensionnelle de la part du candidat, qui évitera ainsi de perdre les points précieux des applications numériques.
- Le jury invite les candidats à s'entraîner à effectuer les applications numériques au moins en puissance de 10, dans les conditions du concours. Les copies qui les négligent se privent ainsi d'un moyen éventuel de repérer une erreur dans la formule littérale proposée, ainsi que d'une grande partie des commentaires demandés par l'énoncé, et ont par conséquent beaucoup de difficultés à obtenir une note correcte.
- Lorsqu'une application numérique conduit à un résultat aberrant, il est appréciable de ne pas la laisser sans commentaire.
- Il convient d'attacher une grande importance à la rigueur avec laquelle sont traitées les questions dont les réponses sont fournies, le jury est évidemment à l'affût de tours de passe-passe qui ne rapporteront pas de points et donneront un éclairage défavorable sur le reste de la copie. Surveiller en particulier les signes, source de beaucoup d'erreurs.

### 2.2.5 Conclusions

L'épreuve a permis de réaliser une sélection satisfaisante des candidats tout en leur permettant de traiter un nombre important de questions. La majorité des étudiants maîtrisent le cours et les techniques mathématiques utiles pour traiter ce sujet, souvent la différence se fait sur la rigueur (absence d'erreurs de calcul), les applications numériques et les commentaires ou explications physiques.

## 2.3 Physique 2 - filière MP

### 2.3.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet, intitulé *Le marteau de Thor*, s'intéresse à divers aspects de la naine blanche LAWD 21.

Quatre parties le composent :

- Une courte introduction (c'est la seule partie à évoquer le marteau de Thor) s'intéresse à la masse volumique très élevée d'une naine blanche.
- Trois aspects du spectre de l'étoile naine sont abordés : une exploitation de documents sur les raies de Lyman ; le calcul de l'énergie de Rydberg dans le cadre du modèle de Bohr ; un exercice sur la loi de Wien et la température atmosphérique de la naine.
- L'étude de l'équilibre des pressions de dégénérescence quantique et gravitationnelle conduit à l'évaluation du rayon de la naine.
- L'état solide ou liquide de la naine, suivant qu'on se place à sa surface ou en son centre, est évalué en comparant l'amplitude des vibrations des noyaux d'atomes (considérés comme des oscillateurs harmoniques) à un seuil présenté comme le critère de Lindemann.

Les parties sont totalement indépendantes (sauf le résultat numérique de **Q9** qui est réinvesti).

Un ensemble de questions autonomes (**Q1**, **Q2**, **Q9**, **Q11**, **Q12**, **Q16**, **Q23**) exige de la culture scientifique générale, une bonne appropriation de l'énoncé (mettre en place des grandeurs physiques), des savoir-faire habituels (conversions, homogénéité des dimensions, applications numériques).

Quelques questions (**Q13**, **Q17**, **Q20**) relèvent d'une simple restitution du cours. Enfin, les questions **Q7**, **Q8** et **Q21** mettent essentiellement en oeuvre des compétences mathématiques simples (dérivation, recherche d'un extremum, calcul d'une série géométrique).

L'autre moitié des questions appelaient des raisonnements plus élaborés, traités en une question unique ou filés sur deux questions successives - à l'exception des questions **Q15** et **Q22** qui faisaient la synthèse de leurs parties respectives.

Ce sujet évalue les candidats sur un spectre varié du programme : mécanique, thermodynamique, physique statistique, électrostatique ; et sur ces savoir-faire : appropriation de l'énoncé, analyse de données expérimentales, conversions et calculs d'ordre de grandeur, analyse dimensionnelle.

### 2.3.2 Commentaires généraux

Le défaut de soin apporté aux copies atteint un niveau réellement préoccupant, au point qu'il devient difficile de suivre des candidats dans leurs exposés et que le jury sera conduit à augmenter sa sévérité. Les questions Q9, Q11 et Q16 montrent combien il reste difficile de s'appropriier l'énoncé et d'en retranscrire les informations dans les grandeurs physiques employées. Or, ces questions, censées mettre en confiance les candidats, sont au départ de raisonnements scientifiques développés.

La mécanique classique en Q6 et Q18 reste problématique à cause du formalisme vectoriel : rappelons que la projection d'une égalité vectorielle ne consiste pas à ôter les flèches des vecteurs ; il faut choisir les coordonnées adéquates et appliquer les savoir-faire du cours de cinématique.

Au sujet du calcul, nous insistons sur les points suivants :

- Calcul littéral. Simplifier les fractions (par exemple,  $\frac{4}{3}12 = 16$ ,  $\frac{\pi}{\pi^{1/3}} = \pi^{2/3}$ ,  $8^{5/3} = 2^5$ ).
- Application numérique. Pas de résultat sous forme fractionnaire, mais au format scientifique, avec un nombre de chiffres significatifs adéquat et une unité. (Exigence pourtant connue.)
- On apprécie qu'un résultat littéral soit encadré et une application numérique soulignée.

### 2.3.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Les conversions d'unités volumiques ont été souvent fatales aux candidats.

**Q2** - La question a été dans l'ensemble bien traitée. Souvent, les réponses sont longues alors qu'il s'agit de poser le calcul, le conduire et conclure.

**Q3** - Choix du système : il ne faut pas confondre l'énergie de l'électron et l'énergie du photon qui est une différence d'énergie électronique. Cela a perdu beaucoup de candidats.

**Q4** - Une réponse qualitative était acceptée, pourvu qu'elle soit rigoureusement logique et suffisamment explicite. La rédaction d'une réponse qualitative reste difficile, des conclusions à l'opposé des observations ont été vues.

**Q5** - Question de culture générale en physique pour laquelle nous avons eu quelques réponses convenables. Certains décrivent le phénomène au lieu d'en chercher la cause.

**Q6** - Question de mécanique peu réussie. L'étude d'une trajectoire circulaire dans un champ newtonien est classique. Techniquement, il faut 2 équations pour éliminer 2 inconnues.

**Q7** - Question assez réussie sur la condition d'extremum. Quand il y a un changement de variable, celui-ci doit être bijectif. Un argument de stricte monotonie nous contentait. Des périphrases comme "les deux variables sont liées" sont insuffisantes.

**Q8** - Question moyennement réussie qui demandait d'envisager de négliger  $e^{-x}$ . De nombreux cas d'incohérence d'un développement limité de  $\exp(x)$  au voisinage de 0 pour conclure  $x = 4$ .

**Q9** - Cette question a souvent posé un problème d'appropriation de l'énoncé : la courbe de la loi de Planck du spectre est explicitement donnée dans la figure 2.

**Q10** - Question peu abordée et très peu réussie. Il y a un problème sur le choix du système quand on évoque l'hydrogène atmosphérique de l'étoile alors que la question porte sur le carbone à la surface. Le concept d'énergie d'agitation thermique  $k_B T$  est méconnu. Trop de réponses fondées sur une opinion, les explications ne relevant d'aucune loi de la physique

**Q11** - Des confusions entre protons et nucléons, voir aussi les commentaires généraux.

**Q12** - La dimension d'une énergie, d'une force, d'une pression se justifie au moyen d'une formule.

**Q13** - Question de cours bien réussie dans l'ensemble, des erreurs de signe.

**Q14** - Question un peu plus technique : il faut y définir la pression par une relation différentielle ( $\delta W = -P_g dV^* = -dE_g$ ), savoir écrire  $dV^* = 4\pi R^{*2} dR^*$  et poser correctement la dérivation.

—  $P_g dV^* = dE_g$  ne s'intègre pas en  $P_g = \frac{E_g}{V^*}$ , mais conduit à  $P_g = \frac{dE_g}{dV^*}$  ;

— il faut ne retenir qu'une variable : soit  $R^*$  (recommandé), soit (éventuellement)  $V^*$ .

Ici, quand on a su définir la pression, c'est le calcul différentiel qui pose le plus souvent problème.

**Q15** - L'énoncé indique qu'il faut évaluer les deux pressions. Il faut avoir réussi les questions **Q11** et **Q14**, mais des points sont accordés pourvu qu'il y ait cohérence du calcul et maintien de l'homogénéité. Le résultat est rarement simplifié (voir remarques générales). L'application numérique demandée peut paraître fastidieuse et est souvent délaissée. En fait, un résultat littéral correctement simplifié et les indications de l'énoncé la rendait assez simple.

**Q16** - Question relativement bien traitée. Voir aussi les commentaires généraux.

**Q17** - Question de cours très classique et réussie. L'étude des symétries et des invariances doit se faire avant l'application du théorème de Gauss ou la résolution de l'équation de Poisson.

Faute d'une expression correcte de la divergence en sphérique (non fournie par l'énoncé), l'intégration directe de  $\text{div} \vec{E}$  n'aboutit pas.

**Q18** - Question de mécanique peu réussie sur un oscillateur tri-dimensionnel. Quatre parties :

— *Planéité du mouvement* : on observe souvent des tentatives inabouties de raisonnement chez les candidats qui ne pensent pas au moment cinétique ;

— *Oscillations harmoniques* : voir les commentaires généraux sur les vecteurs. Rappelons que le repère cartésien est imposé par l'énoncé. A ce titre, écrire  $r \cos \theta$  pour  $x$  est très surprenant mais on l'a souvent lu. Pour trouver l'expression exacte de la pulsation, il faut se souvenir que le noyau de l'atome de carbone a une masse  $m_c = 12m_p$  et surtout que sa charge vaut  $+6e$  ;

— *La nature de la courbe* : ne pas confondre trajectoire et mouvement. Répondre « une courbe sinusoïdale » relève du non sens quand la sinusoïde est une loi horaire. Il est exigible de savoir qu'une courbe paramétrique avec  $x(t)$  et  $y(t)$  sinusoïdaux forme une ellipse dont le centre (et non un foyer) occupe l'origine du repère ;

— *La constante  $s_0^2$*  : sans tenir compte des erreurs entachant les trois items précédents, les candidats ayant abordé cet item ont souvent proposé des raisonnements valables.

**Q19** - Question peu abordée car continuant Q18. Des candidats avisés, tirant parti des propriétés d'un oscillateur harmonique, ont répondu très habilement sans trop dépendre de **Q18**.

Des candidats ont décidé que l'énergie potentielle est nulle, sans justification ni cohérence.

**Q20** - Question de cours de physique statistique bien réussie dans l'ensemble.

On attend (dans cette question-ci ou la suivante) le calcul de la normalisation de la probabilité, ce qui a été fait par un peu moins de la moitié des candidats.

**Q21** - Question peu abordée ou de manière inaboutie. Il s'agissait de reconnaître l'expression d'une dérivée et de mener le calcul.

**Q22** - On y fait la synthèse des questions **Q19** et **Q21**. Elle ne pose pas de problème majeur pour ceux qui y parviennent.

**Q23** - C'est une application numérique qui doit mener à une conclusion.

- Des candidats trouvent un résultat numérique, mais ne concluent pas : cela ne sert à rien.
- Des problèmes divers de calculs : les manipulations de puissance de 10, les équivalents de la fonction tangente hyperbolique (dont on rappelle qu'elle vaut quasiment 1 dès que l'argument excède largement 1), et, de manière plus surprenante, certains candidats ont lu  $\tan h \frac{\Theta}{T}$  (au lieu de  $\tanh \frac{\Theta}{T}$ ) en interprétant  $h$  comme la constante de Planck.

### 2.3.4 Conseils aux futurs candidats

Nous réitérons aux candidats le conseil déjà donné d'arriver au concours avec une parfaite maîtrise de leur cours, qui leur permettra traiter en confiance les situations classiques mais aussi inédites.

Nous leur recommandons d'accorder un soin correct à leur copie car nous serons contraints à une plus grande sévérité en la matière. De même, nous rappelons l'importance de simplifier une expression littérale, de présenter correctement une application numérique, et de s'attacher à la cohérence de ce qu'on écrit en termes d'homogénéité et d'ordres de grandeur.

Nous leur conseillons de bien s'appropriier chaque question de l'énoncé, en s'interrogeant sur le système étudié, pour éviter les hors-propos. Cette compétence se travaille tout au long des deux années de préparation, dans une grande variété de contextes proposés par les enseignants.

### 2.3.5 Conclusions

Cette épreuve met en lumière des lacunes importantes dans les savoirs et les savoir-faire. Le sujet, en proposant beaucoup de questions indépendantes, a toutefois permis aux candidats de ne pas rester bloqués.

D'assez nombreuses copies ont fort bien répondu aux attentes du sujet en termes de compétences.

L'épreuve joue ainsi pleinement son rôle attendu de classement des candidats.

## 2.4 Physique 1 - filière PC

### 2.4.1 Présentation du sujet

L'épreuve de Physique 1 section PC aborde les expériences de Jean Perrin menées entre 1907 et 1909, qui ont permis de valider l'existence des atomes par la communauté scientifique. Plus précisément le sujet revient sur quelques points de ce moment fameux de l'histoire de la physique en étudiant quelques aspects de la théorie de Langevin et de certaines des expériences réalisées par Perrin. Le sujet est divisé en quatre parties, abordant respectivement l'équilibre vertical d'un gaz à température ambiante, l'étude d'un équilibre de sédimentation, le modèle de Langevin et les observations optiques faites au microscope. Au travers des 24 questions, différents domaines du programme de première et deuxième années sont abordés : thermodynamique, diffusion de particules, mécanique, optique géométrique. Il propose une démarche de difficulté progressive au sein des parties, mêlant tour à tour des questions de cours, des exploitations graphiques, l'élaboration de modèles simples suivis de calculs applicatifs, et des discussions argumentées des ordres de grandeur estimés sans calculatrice.

### 2.4.2 Commentaires généraux

Cette épreuve a permis d'opérer une distinction claire entre d'une part les candidats ayant fait preuve de rigueur dans le choix de la modélisation. L'esprit critique pertinent par rapport à leurs résultats, et d'autre part les candidats qui ont parfois enchaîné des calculs sans tenir compte de ce qui les précédait ou mal compris les enjeux de la modélisation des phénomènes étudiés. De façon générale, le barème tenait autant compte de résultats calculatoires que de leur discussion chiffrée et argumentée, ce qui n'a pas été compris par tous les candidats qui se sont trop souvent contentés de donner des réponses sans justification ni recul critique, parfois même sans application numérique à discuter, ce qui limite singulièrement les chances de réussite à l'épreuve.

Néanmoins, le jury tient à féliciter un certain nombre de candidats ayant proposé d'excellentes analyses, calculs et réflexions. Ils ont su expliciter avec soin leur démarche et tirer grand profit d'une comparaison réfléchie des nombreux ordres de grandeur abordés par ce problème. Les défauts les plus récurrents rencontrés dans les copies restent ceux déjà énoncés dans les rapports précédents, ce qui incite à penser que les candidats qui décident de suivre ces conseils peuvent faire la différence avec les autres et tirer grand profit de la lecture attentive des rapports des épreuves de Physique. Le jury rappelle ainsi que la présentation de chaque réponse doit être d'une grande clarté (grands schémas annotés, hypothèses et théorèmes énoncés, résultats encadrés, applications numériques discutées quand cela est pertinent). De même, les résultats inhomogènes, ou avec des unités fausses, voire absentes, sont sanctionnés.

Par ailleurs, le jury tient à rappeler aux candidats qu'ils doivent avoir en tête que les copies sont numérisées (en très bonne qualité couleur) en vue de leur correction sécurisée. Il est donc important de ne pas écrire au crayon papier ou aux crayons de couleurs, ni avec un stylo d'encre peu visible. De même, une copie qui mélangerait l'ordre des questions oblige le correcteur à un va-et-vient qui ne facilite pas la lecture cohérente des réponses proposées. Il est notable, et cela s'est encore vue cette année, qu'une écriture peu lisible, trop souvent constatée dans les copies, ainsi que les fautes d'orthographe ou de syntaxe, altèrent significativement la compréhension et orientent défavorablement la lecture de la copie.

Enfin, il est rappelé qu'une partie du barème porte sur le commentaire argumenté des résultats ou sur les questions dites « qualitatives », qui sont toujours les plus difficiles. En effet, l'enjeu dans ces questions est de démontrer que le candidat connaît en profondeur les hypothèses de la démarche entreprise, et qu'il est capable d'en tirer des conséquences chiffrées et des conclusions cohérentes avec le reste de l'épreuve. Il est parfois intéressant de mettre à jour une contradiction, qui permettra de critiquer le modèle employé, ou au contraire de valider telle ou telle étape du raisonnement. Les candidats qui ont su faire preuve de recul critique sur les résultats ont toujours été valorisés.

### 2.4.3 Commentaires spécifiques et conseils aux candidats

Beaucoup de copies ressemblent à des « brouillons », avec énormément de ratures, parfois des pages entières. Le jury en tient rigueur et la notation est aussi fonction de la qualité de la copie.

Le jury est tolérant sur les applications numériques en décrétant un intervalle assez large. Malgré cela, les applications numériques sont trop souvent fausses, en particulier pour la **Q1** qui ne présentait pas de difficultés majeures. Les erreurs de calcul sont dues en partie à la mauvaise compréhension des puissances de dix et des problèmes de conversion d'unité.

Les candidats devraient s'assurer d'avoir entièrement répondu à la question posée, sans rien omettre. Dans le cas contraire, ils perdront les points associés à ces résultats. Le jury réclame une réponse complète au problème posé. Les correcteurs ne se contentent pas d'une allusion à la réponse, celle-ci doit être clairement exprimée surtout les questions comportant plusieurs points. Trop souvent les correcteurs ont l'impression que les candidats « improvisent » leur réponses, changent d'idée au milieu

de leur rédaction, se contredisent, et fournissent des arguments sans raisonnement. Le jury conseille aux candidats l'utilisation d'un vrai brouillon pour mettre une pensée « au clair » afin de rédiger correctement, dans l'ordre, sans rien oublier, sans contradictions et sans erreurs. Ce sont des conditions favorables à la production d'un travail écrit de qualité. Le jury exhorte les candidats à ne pas confondre vitesse et précipitation.

#### 2.4.4 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Question parfois mal menée car Température et Pression ne sont pas exprimées dans les unités SI, et beaucoup d'erreurs sont observées dans l'estimation du rapport entre le volume occupé par l'ensemble des sphères associé aux molécules et le volume du récipient.

**Q2** - Certains candidats n'ont pas su donner toutes les caractéristiques du gaz parfait.

**Q3** - À la question « Pourquoi observe-t-on qu'à température ambiante ces molécules ne se regroupent pas au fond du récipient ? », beaucoup de réponses inexactes révélant un manque dans la compréhension fondamentale des lois de la thermodynamique.

**Q5** - Trop grand nombre d'erreurs concernant l'application numérique de la hauteur  $H$ , par ailleurs cette question a révélé le défaut de compréhension des fondements de la thermodynamique.

**Q6** - Question bien réussie dans l'ensemble.

**Q9** - Question en général peu abordée.

**Q10** - Beaucoup de candidats ont essayé de répondre en passant par la divergence du courant de diffusion  $\nabla(j) = 0$  mais ne justifient pas la première constante d'intégration nulle.

**Q12** - Très peu de rigueur dans le raisonnement pour aboutir au calcul de  $c_0$ . Beaucoup de candidats ont répondu par : « la plupart des particules sont en dessous de  $H_b$  à cause de l'exponentielle », le jury a considéré la réponse comme incomplète.

**Q13** - Le jury n'a pas attribué de point si la valeur de  $H_b$  est trop éloignée.

**Q14** - Beaucoup trop d'erreurs dans le calcul de la valeur de  $k_b$  alors que la valeur doit être connue.

**Q19** - Beaucoup d'erreurs dans les ordres de grandeur et très peu d'argumentation critique pour expliquer les résultats.

**Q20** - Cette question a été très peu abordée.

**Q21** - Les conditions de Gauss ont été souvent formulées de manière incomplète.

**Q23** - Le jury a considéré qu'à la première partie de la question, une application numérique n'était pas nécessaire. Une étude d'ordre de grandeur était suffisante.

## 2.5 Physique 2 - filière PC

### 2.5.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet proposait une étude de la source astronomique GRS 1915+105.

La première partie consistait à trancher entre deux hypothèses quant à la nature de la source : étoile normale ou objet compact.

Une deuxième partie portait sur l'étude d'une étoile ordinaire gravitant autour de GRS 1915+105. Cette étude avait pour but de déduire une borne inférieure de la masse de GRS 1915+105 ainsi que sa nature exacte.



Enfin, la dernière partie s'intéressait aux résultats d'observation de deux éjectas de matière émis par GRS 1915+105 en vue d'en déduire une mesure de sa masse.

Le sujet comportait un certain nombre de questions proches du cours alors que d'autres demandaient plus d'initiative de la part des candidats et une bonne appropriation des documents.

Une grande partie du sujet faisait appel à des notions de mécanique.

La longueur raisonnable du sujet a permis aux candidats d'aborder un nombre important de questions.

### 2.5.2 Commentaires généraux

Plusieurs applications numériques disséminées dans l'énoncé, indispensables aux conclusions physiques, étaient demandées.

Le jury rappelle que les applications numériques rapportent des points mais que pour cela le calcul doit être mené à son terme avec l'unité éventuelle.

Merci aux futurs candidats de ne pas écrire le résultat numérique sous forme d'une puissance de dix non entière, d'un produit de fraction, d'une racine non estimée ou d'un multiple de  $\pi$ .

Le jury rappelle aux candidats qu'il est attendu qu'ils soient rigoureux dans l'utilisation des grandeurs vectorielles. En particulier une relation qui égalerait une grandeur scalaire et une grandeur vectorielle ne saurait être acceptée.

Le jury a remarqué et apprécié qu'une majorité de copies soient correctement rédigées et bien présentées. Les résultats sont encadrés ou mis en valeur et les schémas sont réalisés avec une règle. Néanmoins, certaines copies restent mal soignées voir difficilement lisibles. Les futurs candidats sont invités à soigner leur production en s'assurant de sa lisibilité et à mettre en avant les résultats obtenus.

Le sujet comportait de nombreuses questions proches du cours et le jury a déploré un nombre important de candidats qui n'abordent pas ces questions ou y répondent de manière erronée. Le jury rappelle aux candidats qu'une maîtrise approfondie des notions au programme est nécessaire à la réussite d'une telle épreuve.

Le sujet reposait essentiellement sur des notions de mécanique céleste abordée en première année de classe préparatoire. Une bonne maîtrise des forces newtoniennes était la clé de la réussite à cette épreuve. D'une manière générale, le jury tient à souligner qu'une bonne préparation à l'épreuve nécessite une maîtrise du programme des deux années de classe préparatoire.

### 2.5.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - La majorité des candidats a su s'approprier le document 1 pour localiser la constellation contenant GRS1915+105. De nombreux candidats ont confondu année-lumière et unité astronomique. Le jury rappelle aux candidats qu'ils doivent rester critiques quant à la valeur numérique obtenue afin de relever toute incohérence.

**Q2** - Un grand nombre de candidats donne le résultat sans justification et ce dernier s'est avéré être assez souvent inhomogène.

**Q3** - Des candidats se sont retrouvés bloqués au milieu de la question à cause d'une méconnaissance de la relation de de Broglie. Pour définir la quantité de mouvement d'un photon, il n'est pas acceptable de lui associer une masse. Le jury a déploré que le vecteur support de la force et de la quantité de mouvement ait été absent d'un grand nombre de compositions. Une bonne lecture de l'énoncé aurait permis à tous les candidats de s'apercevoir que les photons étaient entièrement absorbés par la paroi et non réfléchis.

**Q4** - Il était attendu un raisonnement sur l'aire d'une surface sphérique et non un raisonnement par ordre de grandeur. Le jury a noté bon nombre d'expressions fausses pour l'aire d'une sphère. Un résultat vectoriel était attendu dans l'expression de la force.

**Q5** - De trop nombreux candidats ne connaissent pas l'expression de la force gravitationnelle et se hasardent à donner une expression non homogène. Le jury a rencontré dans un certain nombre de copies une condition d'équilibre exprimée comme l'égalité vectorielle des forces alors qu'elle se traduit par une somme vectorielle nulle.

**Q6** - Le jury invite les candidats à se questionner sur la cohérence de leur résultat avec l'énoncé. Ainsi, trouver  $K_1 = 1$  alors qu'une application numérique est demandée doit interpeler.

**Q7** - La réussite à cette question nécessitait une bonne appropriation du document 2, ce qui a fait défaut à un grand nombre de candidats conduisant à des valeurs erronées de la plus petite échelle de variabilité temporelle.

**Q8** - Le jury a noté de nombreuses erreurs, particulièrement de signe, dans l'expression de la différence d'énergie potentielle.

**Q9** - Les réponses à cette question ont souvent traduit une méconnaissance du cours. De nombreux candidats proposent  $E_m = 0$  comme condition de diffusion alors qu'il était attendu  $E_m \geq 0$ . Le jury rappelle que l'énergie potentielle gravitationnelle est négative donc l'état de diffusion ne saurait être défini par  $E_c > E_p$ . La masse du photon revient ici dans certaines copies. Malgré l'analogie proposée dans la question, le photon ne saurait être affublé d'une masse.

**Q10** - De nombreux candidats obtiennent la bonne valeur de la plus petite échelle de temps de variabilité mais en tirent une mauvaise interprétation physique.

**Q11** - Des erreurs d'homogénéité, de point d'application ou encore de signe sont à déplorer dans de nombreuses copies. Le jury invite les candidats à vérifier la cohérence de l'expression de la force gravitationnelle avec le caractère attractif de cette interaction. La justification de la planéité du mouvement a bien souvent été insuffisante. L'utilisation par un certain nombre de candidats des coordonnées polaires où le vecteur vitesse n'aurait pas de composante selon l'axe vertical ne permet pas de démontrer ce résultat car la planéité du mouvement en constitue l'hypothèse de départ. Cette question a permis au jury d'évaluer la rigueur scientifique des candidats.

**Q12** - Le calcul de la fréquence reçue a été rarement mené à son terme. Beaucoup de candidats s'arrêtent à l'expression de la période en fonction de  $d_1$  et  $d_2$ .

**Q13** - Le jury rappelle que bien souvent un schéma est plus clair que de longues phrases. C'est le cas dans cette question lors de la localisation des extrema de la vitesse projetée.

**Q14** - De nombreux candidats trouvent bien que  $v_p$  est maximale lorsque  $i = 90^\circ$  et nulle lorsque  $i = 0^\circ$  mais proposent tout de même un  $\cos i$  dans l'expression de la projection. Pour l'incertitude, étant donnée la largeur des barres d'erreur sur les points de mesure, il ne fallait surtout pas invoquer la plus petite graduation comme valeur de la précision ou de l'incertitude. Il n'était pas attendu de calcul d'incertitudes pour cette question. Peu de candidats ont proposé une interprétation de la courbe du document 4 et un certain nombre de candidats confondent interprétation et observation.

**Q15** - L'expression de la vitesse sur une orbite circulaire comme étant le périmètre sur la période doit être justifiée par l'uniformité du mouvement.

**Q16** - Le jury invite les candidats à s'interroger sur la valeur numérique obtenue, une masse de l'étoile inférieure de plusieurs ordres de grandeur à celle du Soleil doit faire réagir. Certains candidats ayant réussi l'application numérique ont eu des difficultés à conclure.

**Q17** - Certains candidats donnent une réponse en mètre alors qu'il est demandé une fréquence. Le jury invite les candidats à se questionner sur la réalité physique des ordres de grandeur avancés. Des valeurs de  $10^{-6} \text{ Hz}$  ou  $10^{15} \text{ Hz}$  ne sont pas acceptables. Certains candidats confondent ondes radio et ondes acoustiques audibles.

**Q18** - De nombreux candidats passent à côté de l'aspect géométrique (« sans calcul ») en proposant des calculs de vitesses en utilisant les valeurs du tableau. Ceux qui pensent à l'aspect géométrique et au fait que les points passent par une droite, ne le justifient pas toujours rigoureusement. Le jury a noté de nombreuses erreurs dans les applications numériques sur la fin de cette question.

**Q19** - Bien souvent seul  $R(t)$  et le déplacement apparent sont calculés. Peu de candidats ont eu le temps de faire la suite.

**Q20** - Très peu de candidats pensent à dériver la vitesse pour trouver l'angle donnant le maximum de vitesse.

**Q21 et 22** - Questions très peu abordées.

#### 2.5.4 Conseils aux futurs candidats

Le jury souhaite que les futurs candidats s'approprient les conseils donnés dans le présent rapport et souligne qu'une bonne connaissance du cours est une condition nécessaire et suffisante à la réussite d'une telle épreuve. Le jury souhaite bonne chance aux futurs candidats.

#### 2.5.5 Conclusions

L'épreuve a permis de réaliser une sélection satisfaisante des candidats tout en leur permettant de traiter un nombre important de questions et ainsi d'exprimer leurs compétences dans des domaines variés : questions de cours, analyse et exploitation de documents, calculs numériques, raisonnements approfondis autour de notions de cours.

## 2.6 Physique 1 - filière PSI

### 2.6.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet intitulé *Télécommunications* proposait l'étude de plusieurs moyens de télécommunication allant du télégraphe à l'utilisation de la radio en passant par la propagation d'un signal dans un câble coaxial. Le sujet portait principalement sur la propagation des ondes mais il comportait des parties très indépendantes. Cela permettait à un candidat en difficulté sur une partie de pouvoir reprendre dans une autre. La problématique de l'atténuation des ondes était présente dans le sujet, ainsi que celle de l'adaptation d'impédance. L'étude des ondes électromagnétiques était effectuée dans l'air et dans l'ionosphère assimilée à un plasma. Au début du sujet, on trouvait une question portant sur le codage binaire de l'information.

Sur le plan de l'utilisation de l'outil mathématique, les complexes étaient fréquemment impliqués dans les démonstrations à réaliser. Dans la partie sur la télégraphie sans fil (radio), il fallait faire usage de compétences en géométrie sur un cercle et dans des triangles rectangles.

### 2.6.2 Commentaires généraux

La correction a amené les correcteurs à constater que quelques candidats ont réalisé une excellente composition mais que leur nombre a été très faible. Le jury est déçu du comportement d'ensemble des candidats sur cette épreuve portant principalement sur les ondes. La déception est d'autant plus vive que le jury considère cette épreuve comme largement accessible dans la majorité des questions posées et bien adaptée à une durée de 3 heures. Le thème des ondes n'est pas celui qui, en PSI, occupe la plus grande partie du programme mais c'est un sujet fondamental et très transversal en physique. L'impression qui ressort de la correction des copies est que ce thème a été sans doute délaissé par les candidats. Aux lacunes dans la maîtrise des ondes sur le plan physique par méconnaissance du cours, le jury a constaté les grandes difficultés des candidats à utiliser l'outil mathématique. Les complexes ne sont pas, en général, suffisamment maîtrisés. On constate que carré d'un complexe est confondu avec module au carré, que l'on peut donner à une vitesse une forme complexe sans que cela n'émeuve le candidat. Déception aussi en géométrie sur le cercle où la tangente au cercle n'est pas toujours perpendiculaire au rayon. Il y a aussi beaucoup trop d'erreurs constatées sur l'écriture d'une fonction

trigonométrique dans un triangle rectangle. Enfin, si le jury constate qu'une bonne partie des candidats est attentive au soin porté à la copie, il y a toujours des candidats qui ne s'en soucient pas le moins du monde. Ils doivent prendre conscience qu'ils réduisent automatiquement leur chance de réussite. Comment peut-on espérer conduire à son terme un calcul en complexes sans soin dans l'écriture ? Comment peut-on réussir à obtenir les résultats attendus lorsque la figure géométrique sur laquelle on fonde son raisonnement n'a plus rien à voir avec un cercle ou un triangle rectangle ? Les candidats doivent aussi être attentifs à la façon dont ils rédigent l'argumentation de leur réponse.

### 2.6.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Cette question est en général réussie mais le jury a été surpris de voir des candidats proposer  $2^{50}$  symboles binaires pour coder les caractères du texte. Dans le calcul de la durée de transmission d'un message, le jury a accepté toutes les durées proposées par les candidats qui avaient été calculées de façon cohérente par rapport à leur décompte de caractères et cohérentes avec le nombre de symboles binaires déterminés avant. En clair, certains candidats ont raisonné sur une estimation du nombre de caractères contenus dans une page moyenne alors que d'autres ont compté les caractères de l'extrait du roman de Jules Verne. Dans tous les cas, le jury a accordé les points si le calcul était cohérent.

**Q2** - Beaucoup de candidats ont senti qu'il était très vraisemblable que la dimension de  $R_0$  soit l'ohm ( $\Omega$ ) ou bien que  $\ell_0$  était une longueur. Ils l'ont donc affirmé et déduit très rapidement les dimensions des deux autres quantités. Le jury a été intransigeant : il n'a accordé les points qu'aux candidats qui ont pris le temps de poser correctement le système des 3 équations à 3 inconnues et qui ont montré ensuite qu'ils savaient justifier des dimensions des 3 quantités  $R_0$ ,  $\chi_0$  et  $\ell_0$ .

**Q3** - Cette question n'avait pas d'impact pour la suite de l'épreuve et, heureusement, car il n'y a eu que très peu de bonnes réponses. Le jury attendait tout simplement que le candidat dise que la Terre pouvait jouer le rôle de référence pour les tensions. Cette question a été l'occasion pour les correcteurs de percevoir l'imagination débordante des candidats. . .

**Q4** - En général, les candidats ont su dériver les équations de départ et aboutir à l'équation de propagation mais utiliser le modèle onde plane progressive harmonique en complexes pour obtenir la relation de dispersion est tout de suite beaucoup plus discriminant.

**Q5** - Cette question est emblématique des difficultés des candidats avec les nombres complexes. Le jury a pu voir un très grand nombre de fois des vitesses de phase complexes, la question est très peu réussie. Mais, en général, les candidats disent bien qu'il n'y a pas de dispersion lorsque la vitesse de phase ne dépend pas de la pulsation.

**Q6** - Les calculs sont assez vite une difficulté pour les candidats et pour une question portant sur la puissance, cela est très critique. La question est très peu réussie car obtenir un vecteur d'onde complexe dans les questions précédentes est déjà peu fréquent. Ici, il s'agissait de bien mettre en forme tension et intensité en exploitant la forme complexe du vecteur d'onde. Cela n'est pas à la portée de la majorité des candidats.

**Q7** - Cette question met clairement en évidence les candidats qui apprennent correctement leur cours et savent redonner le schéma du câble coaxial idéal entre  $z$  et  $z + dz$ . En général, ils obtiennent la totalité des points de la question. Le jury a été extrêmement surpris de voir que quelques candidats proposaient un modèle de corde de Melde comme si l'on étudiait les ondes transversales sur une corde !

**Q8** - La majorité des candidats sait reconnaître la célérité dans l'équation de propagation. Il faut que les candidats sachent qu'une application numérique - même effectuée sans calculatrice - ne sera validée que si elle va jusqu'au bout. Il ne faut pas laisser des choses inabouties comme par exemple  $\sqrt{17}$  ou comme  $10^{1,5}$ .

- Q9** - Le comportement des candidats est globalement satisfaisant pour déterminer l'expression de l'impédance  $Z_0 = \sqrt{\frac{L_u}{C_u}}$ . Le calcul numérique de cette impédance était tout à fait réalisable sans calculatrice, les candidats ne devraient pas le négliger.
- Q10** - En général, l'expression de  $i_+$  est réalisée en utilisant  $Z_0$  correctement même si pour des candidats une grosse étourderie les mène à écrire que  $\underline{i} = \underline{Z} \underline{u}$  ! Ensuite, c'est beaucoup plus compliqué pour l'onde qui se propage à  $x$  décroissant pour laquelle l'impédance est  $-Z_0$ . La condition en bout de ligne n'est pas très souvent exprimée correctement. Toutefois, les candidats qui posent les choses correctement vont au bout du calcul et récoltent tous les points prévus.
- Q11** - Cette question est ratée par la presque totalité des candidats qui ont confondu  $\rho$  avec le coefficient de réflexion en amplitude pour la tension.
- Q12** - Beaucoup d'erreurs dans le schéma puisque la résistance  $r'_u dz$  a souvent été placée en parallèle du condensateur, sans doute par mimétisme avec un modèle étudié en classe où le condensateur présentait une conductance de fuite.
- Q13** - Difficile de réussir cette question sans avoir réussi la précédente, peu de candidats évoquent l'effet de peau pour justifier leur réponse.
- Q14** - La notion d'adaptation d'impédance est relativement bien connue mais les candidats sont beaucoup plus fragiles sur la mise en parallèle des deux dispositifs identiques provoquant une impédance vue depuis le point de soudure de  $Z_{eq} = Z_0/2$ .
- Q15** - Les candidats marquent, ici, nettement moins de points qu'il ne leur était possible de faire tout simplement parce que la façon dont ils rédigent leurs réponses est assez défailante. Les phrases doivent être claires et ne pas laisser place à des formulations équivoques.
- Q16** - Le succès à cette question reposait sur un schéma propre car, ensuite, la réponse tombait sous le sens puisqu'il s'agissait du théorème de Pythagore dont on pourrait espérer une meilleure maîtrise de la part des candidats.
- Q17** - Les réponses proposées à cette question sont très décevantes. Cela n'est pas normal parce que cela montre un déficit notoire d'apprentissage du cours sur les ondes électromagnétiques planes. De plus, les candidats, dont la mémoire est défailante, auraient pu s'inspirer de la forme du champ électrique donné dans le paragraphe de l'énoncé qui suit la question. . .
- Q18** - Les candidats n'ont pas bien assimilé les conditions de continuité des champs surtout les conséquences sur les éléments que l'on trouve dans les phases des ondes.
- Q19** - Les candidats qui ont réussi les questions précédentes savent bien exprimer le fait que le signe de  $k_z'^2$  va décider si l'onde se propage ou non.
- Q20** - Cette question représente un écueil pour les candidats qui ne savent pas faire un schéma propre de la situation ou bien rechignent à faire l'application numérique qui était, en l'occurrence, très facile avec les valeurs numériques choisies.
- Q21** - Les correcteurs ont bien senti que les candidats essayaient de reproduire le modèle du plasma présenté en cours. Mais, la simplification de la partie en  $\vec{v} \wedge \vec{B}$  de la force de Lorentz n'est pas assez souvent expliquée correctement. Ensuite,  $\bar{\gamma}$  est souvent appelée - à juste titre - conductivité électrique mais son unité en  $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  l'est beaucoup plus rarement.
- Q22** - Les candidats qui ont établi la bonne expression de la conductivité à la question précédente, n'ont pas de difficulté pour obtenir la relation de dispersion en général.
- Q23** - Une bonne partie des candidats qui abordent cette question ne justifie pas correctement de l'absence d'absorption de l'onde dans le plasma.
- Q24** - La connaissance de l'ordre de grandeur des fréquences des ondes radio n'est pas très répandue parmi les candidats.

#### 2.6.4 Conseils aux futurs candidats

Il ressort très clairement de la correction de cette épreuve un déficit d'apprentissage du cours. Les candidats ne peuvent pas attendre qu'un énoncé redonne les lois, les contextes d'étude qui relèvent du programme de telle sorte qu'ils n'aient plus, ensuite, qu'à en faire un bon usage. Ils doivent posséder un socle de connaissances solides. Ils doivent impérativement faire l'effort de justifier leurs affirmations. Dans le sujet proposé, il était possible de le faire sans entrer dans des développements longs et fastidieux. Une écriture soignée des calculs éviterait beaucoup d'erreurs et des schémas propres permettraient souvent la réussite aux questions qui s'appuient dessus.

#### 2.6.5 Conclusions

Le jury est déçu du comportement global des candidats sur cette épreuve qui présentait des parties très accessibles et d'autres plus difficiles comme la partie finale de l'étude du câble coaxial, mais il était tout à fait possible de rebondir ensuite sur la partie traitant de la télégraphie sans fil. Avec 24 questions pour 3 heures, l'ensemble de l'épreuve pouvait être abordé. Toutefois les candidats devraient plus penser à s'appliquer et à bien faire ce qu'ils proposent dans leur copie plutôt que de fournir une rédaction totalement improductive, écrite à la va-vite sans réflexion. Les deux années de préparation de cette épreuve par les candidats ont bien sûr été marquées par l'épidémie de coronavirus mais cela ne saurait en aucun cas excuser des connaissances insuffisantes sur les bases du cours.

### 2.7 Physique 2 - filière PSI

#### 2.7.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet porte sur la vélocimétrie laser Doppler. Il est constitué de trois parties largement indépendantes. La première partie décrit le montage et permet de comprendre le principe de la mesure. La deuxième partie traite d'une application à un écoulement de Poiseuille. La troisième partie traite d'une application aux ondes acoustiques avec une partie d'électrocinétique sur un générateur d'onde. Bien que le sujet soit long, il permet d'aborder des thèmes variés comme l'optique géométrique, la physique ondulatoire, la mécanique des fluides, l'acoustique et l'électrocinétique. Plusieurs questions permettent d'entrer dans le sujet et d'autres permettent au candidat de montrer un bon apprentissage du cours.

#### 2.7.2 Commentaires généraux

Le jury déplore de nouveau la mauvaise maîtrise de l'orthographe et le défaut de présentation de nombreuses copies. Le sujet demandait la production de plusieurs schémas et graphiques, et il est important que ces productions soient propres et lisibles. De même, plusieurs questions nécessitaient la réalisation de longs calculs qui étaient souvent remplis de ratures, y compris sur les résultats finaux.

Plusieurs candidats traitent les questions sans répondre explicitement à la question posée, voire en répondant, de manière correcte, à tout autre chose. Il est important de répondre précisément à la question abordée.

Dans le même ordre d'idées, plusieurs candidats répondent aux questions, parfois de manière correcte, sans aucune justification ou explication, alors que certains résultats demandent des calculs parfois complexes. Il est bien évident qu'une réponse sans aucune justification ne peut pas être considérée comme une réponse acceptable.

Le jury rappelle que les résultats des applications numériques doivent être donnés sous forme décimale. Les résultats fournis sous forme de fraction, de racine ou de puissance, hormis les puissances entières de 10, sont considérés comme non aboutis.

Les applications numériques doivent être faites avec sérieux. Un ordre de grandeur ne suffit souvent pas. Il est bien demandé aux étudiants de montrer leur capacité à mener un calcul, souvent simple, sans l'aide de la calculatrice.

Les étudiants doivent apporter du soin à l'écriture, à la présentation des formules. Notamment ils ne doivent pas omettre les parenthèses dans les expressions littérales, bien reporter les signes négatifs et les signes d'addition, tracer convenablement les différents symboles représentant les données, tracer les schémas à la règle de façon propre et éviter les ratures multiples ou les superpositions d'écriture. Le jury n'a pas à "deviner" ce que le candidat a écrit sur sa copie.

De nombreux résultats donnés par les candidats sont en contradiction avec le sujet. Il est important de bien faire le lien entre le sujet et les résultats obtenus pour identifier ses erreurs et les corriger.

On rappelle aux candidats qu'il est important d'indiquer la question traitée dans sa copie.

### 2.7.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - La démonstration demandée nécessitait l'utilisation du schéma fourni. Lorsqu'un résultat est donné, il est important que le candidat en donne une démonstration rigoureuse, car l'obtention du résultat ne peut mener, seul, à l'obtention des points de la question.

**Q2** - De nombreux candidats ont énoncé la réponse correcte sans la justifier, contrairement à ce qui était demandé dans l'énoncé.

**Q3** - Trop de candidats ne connaissent pas la définition d'un écart relatif.

**Q5** - Le sujet indique bien que le diviseur de faisceaux produit deux faisceaux qui ne se recoupent pas. Une bonne maîtrise des lois de Snell-Descartes permettait de déterminer simplement la direction des rayons émergents.

**Q7** - De nombreux candidats se trompent dans les axes lors de ce calcul. On retrouve souvent la composante  $V_z$  au lieu de la composante  $V_x$ , et on retrouve également  $\cos(\theta/2)$  au lieu de  $\sin(\theta/2)$ .

**Q8** - Cette question nécessite de savoir manipuler le calcul complexe.

**Q9** - Il ne faut pas oublier que l'approximation des petits angles ne fonctionne que pour des angles exprimés en radian.

**Q11** - Le sujet demande une méthode qui permette de mesurer les trois composantes simultanément. Plusieurs candidats proposent une solution permettant d'obtenir les trois composantes mais sans s'intéresser à la simultanéité.

**Q14** - Plusieurs candidats ne connaissent pas, ou mal, la définition du nombre de Reynolds et les conditions d'un écoulement laminaire dans une conduite.

**Q15** - Il était beaucoup plus simple de prendre un système constitué d'un cylindre de rayon  $r$  et de longueur  $L$  plutôt que d'utiliser la loi de Navier-Stokes, qui plus est hors-programme et très mal maîtrisée. Pratiquement aucun candidat ne parvient à prouver que la variation de la quantité de mouvement du système fermée est nulle. L'utilisation de l'accélération convective est non seulement hors programme, mais en plus très mal comprise.

**Q16** - Dans cette question il faut faire le lien entre les résultats proposés et la forme obtenue dans la question précédente. A défaut, la connaissance des résultats du cours permettait de déterminer le profil laminaire.

**Q17** - L'approximation acoustique doit être connue et énoncée avec clarté. Les trois équations demandées sont les équations linéarisées, il est important de bien suivre les consignes et de répondre aux demandes de l'énoncé.

**Q18** - La loi des gaz parfaits est souvent connue, mais peu de candidats arrivent à la manipuler correctement pour arriver à l'expression de la célérité du son. La valeur numérique de la célérité du son dans l'air, à calculer ici, est à connaître. Cela permettait d'éviter de trouver un résultat aberrant.

**Q19** - Pour démontrer l'expression de l'impédance acoustique, le plus simple était de passer par les expressions complexes de  $p$  et  $v$  pour une onde progressive.  $I$  est une moyenne, il ne faut donc pas oublier que  $\langle v^2 \rangle = v_m^2/2$ .

**Q20** - L'amplitude de l'onde étant variable, ce n'est pas une onde plane.

**Q21** - L'équation différentielle demandée doit être mise sous forme canonique. Il y a beaucoup trop d'erreurs de signe et d'homogénéité, les candidats doivent savoir mener ce genre de calculs.

**Q22** - Les erreurs d'homogénéité de la question précédente ont souvent été reportées sur cette question. Les définitions des vitesses de phase et de groupe sont à rappeler.

**Q26** - De nombreux candidats confondent le montage suiveur et le montage inverseur. Le fameux « théorème de Millman » est largement utilisé sous la dénomination de « loi des nœuds en termes de potentiel ». Sur cette question, le jury a été indulgent et a accepté l'usage de ce théorème ainsi que les diverses terminologies.

**Q27** - Le sujet indique bien que l'on réalise la somme d'un signal crêteaux et d'un signal sinusoïdal. De nombreux candidats ne connaissent pas la forme d'un signal crêteaux. Le tracé de la somme ne doit pas être approximatif, mais bien prendre en compte les caractéristiques des deux signaux sommés (amplitude, période...).

**Q28** - Plusieurs candidats n'expliquent que de manière floue comment l'allure est modifiée. Une représentation graphique aurait permis de montrer que le candidat a bien compris les modifications appliquées.

**Q29** - L'annonce de l'existence du « *slew rate* » n'est pas suffisante. Il fallait montrer numériquement que la limite de l'ALI était bien atteinte dans le cas étudié.

**Q30** - L'énoncé demande bien de travailler avec un nombre adimensionné, le but de cette question n'est donc pas de montrer que l'expression de la force fournie est bien homogène à une force.

**Q31** - De nombreux candidats ont oublié ou mal calculé la masse de la particule sphérique. Les calculs menés ne sont alors pas homogènes.

**Q32** - Il fallait ici identifier un passe-bas et travailler alors sur sa bande passante.

#### 2.7.4 Conseils aux futurs candidats

Il est conseillé aux candidats d'être en permanence vigilants quant à l'homogénéité des expressions littérales.

Il est conseillé aux candidats de s'entraîner au calcul et aux conversions, afin de gagner de nombreux points d'application numérique.

Il est conseillé aux candidats de surveiller la cohérence des résultats, en particulier avec les informations fournies dans le sujet.

Enfin le jury conseille aux candidats de rendre des copies propres et lisibles, en particulier sur les résultats finaux.



### 2.7.5 Conclusions

Bien sûr les conseils des années précédentes restent de mise et le jury n'a pas peur de se répéter : apprenez le cours, analysez la question posée, notamment son lien avec le reste du sujet, faites des schémas et réfléchissez à la cohérence de vos résultats. Il n'est pas difficile de voir qu'une maîtrise raisonnable du cours permettait d'obtenir une note déjà raisonnable et probablement supérieure à la moyenne de l'épreuve.

Concentrant en quelques heures de travail écrit, la synthèse de deux années de préparation, les candidats devraient avoir à cœur de fournir un travail irréprochable dans la forme comme sur le fond.

Force est de constater que, malgré les remarques effectuées tous les ans, ça n'est pas souvent le cas. Survoler le sujet ou répondre de manière très superficielle amène souvent le candidat à perdre de nombreux points du barème, même lorsque la réponse est correcte. Les correcteurs apprécient de donner à une copie tous les points qu'elle mérite, mais c'est aux candidats de leur en donner l'occasion.



## 3 Chimie

### 3.1 Remarques générales

Comme tous les ans, les calculatrices ne sont pas autorisées. Il convient donc de savoir faire les opérations élémentaires : additions, soustractions, divisions et multiplications. Aucun calcul de cette épreuve n'est trop compliqué pour être fait à la main. Les candidats sont invités à simplifier les calculs à l'aide d'approximations qui leur permettent de donner un résultat dans le bon ordre de grandeur. Le jury valorise les candidats qui mènent à terme les applications numériques. Le jury rappelle une nouvelle fois qu'un résultat ne saurait être donné sous forme d'une fraction. L'application numérique finale doit être un nombre réel, suivi obligatoirement de son unité. Un résultat sans unité pour une grandeur dimensionnée ne donne lieu à aucune attribution de points.

La présentation est prise en compte dans le barème de notation. Il n'est pas très compliqué d'encadrer un résultat et de mettre en valeur une copie. Les phrases explicatives doivent être simples et compréhensibles. Les ratures doivent être limitées et peuvent être faites proprement lorsqu'elles sont nécessaires.

Enfin, le jury rappelle que les règles de l'orthographe et de la grammaire s'appliquent aussi dans une copie scientifique.

### 3.2 Chimie - filière MP

#### 3.2.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet avait pour thème l'élément chimique de numéro atomique  $Z=38$ , le strontium. Il comportait 5 parties indépendantes : une première sur la structure électronique, une deuxième sur les aspects cristallographiques du fluorure de strontium  $\text{SrF}_2$ , une troisième sur la cinétique de désintégration radioactive de l'isotope 90 du strontium, une quatrième sur la thermodynamique du carbonate de strontium et enfin, une dernière partie qui s'intéressait à une batterie nucléaire à base d'eau dans laquelle le strontium joue un rôle stimulant. Les domaines abordés étaient variés : atomistique et chimie des solutions dans la partie A), cristallographie et thermochimie dans la partie B) et oxydoréduction dans la partie C).

#### 3.2.2 Commentaires généraux

Dans la première partie, des connaissances simples du programme de première année sur l'architecture de la matière étaient mobilisées. Le vocabulaire utilisé pour justifier les réponses doit être précis et la lecture de l'énoncé précise : ainsi était demandée la structure de Lewis de l'ion carbonate et non pas celle du carbonate de strontium.

Dans la seconde partie, les questions de cristallographie ont très souvent été abordées par les candidats avec en général de bonnes réponses. Les schémas de maille ne sont cependant pas toujours clairs : en particulier l'utilisation de couleurs très proches et de symboles identiques pour les 2 types d'atomes est source de difficultés pour le correcteur, mais aussi, pour le candidat lorsqu'il s'agit d'établir ensuite une condition de contact.

La troisième partie a été peu abordée. Quelques candidats ont cependant bien exploité l'ordre de la réaction de désintégration pour obtenir le bon ordre de grandeur du temps au bout duquel l'activité est égale à celle du corps humain. La quatrième partie donnait lieu à plusieurs calculs autour de la solubilité du carbonate de strontium. Elle a été abordée par la grande majorité des candidats et a été plutôt réussie. Les réponses aux questions de thermodynamique chimique demandent aux candidats d'effectuer quelques calculs, le jury apprécie et encourage l'écriture d'une expression littérale avant l'application numérique qui doit être accompagnée de son unité le cas échéant.

La dernière partie portait sur l'étude d'une pile concernant les couples de l'eau, en milieu basique. Elle nécessitait une bonne lecture de l'énoncé, pour ne pas tomber dans les automatismes et faire l'étude d'une électrolyse à  $\text{pH}=0$ . Des erreurs de ce type ont été trop régulièrement rencontrées.

### 3.2.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Question qui n'a pas toujours été bien traitée, de nombreux candidats perdent du temps à rappeler les règles pour établir la configuration fondamentale alors qu'elles ne sont pas demandées ou confondent « dessus » et « dessous ».

**Q2** - La règle de l'octet ou du duet (qui ne s'applique que dans le cadre de l'établissement de liaisons) est souvent évoquée comme justification et elle n'est pas recevable. La confusion gaz noble/rare avec gaz parfait est à éviter.

**Q3** - Cette question a été trop rarement réussie. Le strontium est presque systématiquement mis alors qu'il s'agit de la structure de Lewis de l'ion carbonate. Trop de propositions impliquant des carbones avec 5 ou 6 liaisons ont été rencontrées !

**Q4** - La neutralité de la structure est très souvent citée mais les populations sont calculées épisodiquement.

**Q5** - De bonnes choses, mais la notion de coordinence doit être précise : il ne faut pas se contenter d'une « coordinence entre ions de charge opposée » sachant que dans un tel cristal la coordinence des cations est différente de celle des anions.

**Q6** - Un schéma clair suffit pour montrer que la condition de contact est comprise par le candidat. Beaucoup d'erreurs dans l'application numérique.

**Q7** - Souvent peu ou mal traitée. Les souvenirs sur les phénomènes de radioactivité vus au lycée sont assez flous.

**Q9** - Les raisonnements basés sur la définition du temps d'activité ou sur la résolution de l'équation différentielle ont permis à de nombreux candidats d'obtenir la bonne durée.

**Q10** - Bien mais souvent aucune justification n'est proposée.

**Q11** - Les formules littérales nécessaires à la résolution de la question sont majoritairement connues, les candidats ayant mené les calculs jusqu'au bout ont été valorisés. Attention cependant : l'honnêteté intellectuelle doit empêcher le candidat de finir son calcul par  $e^{-21}$  (présent dans les données annexes) quand les calculs qui précèdent sont clairement différents !

**Q12** - Le lien entre la solubilité  $s$  et le produit de solubilité  $K_s$  n'est pas toujours maîtrisé. L'unité de la solubilité est souvent absente ou erronée.

**Q13** - La relation de Van't Hoff est donnée juste mais bien souvent le raisonnement pour conclure sur l'évolution de la solubilité en fonction de la température est très compliqué, voire faux : il est particulièrement regrettable que des étudiants en classe de MP confondent le signe d'une dérivée avec sa propre évolution. La conclusion de la réponse à cette question doit porter sur l'évolution de la grandeur solubilité et non pas uniquement sur le sens d'évolution du système. Enfin, il ne faut pas confondre relation de Van't Hoff et loi de modération qui n'est pas au programme de la filière.

**Q14** - Il s'agissait d'exploiter le quotient réactionnel à l'équilibre de la réaction de solubilisation du gaz. La relation des gaz parfaits n'était d'aucune utilité dans cette question.

**Q15** - Beaucoup de candidats ont trouvé la relation entre  $K'$ ,  $K_s$  et les constantes d'acidité. L'expression en fonction de la solubilité nécessitait d'avoir vu la stœchiométrie de la réaction ou d'avoir fait un tableau d'avancement.

**Q16** - Peu traitée

**Q17** - Montage globalement maîtrisé, mais les positions des appareils sont parfois inversées et le générateur est très souvent oublié. Quelques étudiants n'ont aucune idée de la signification de CE et ER. La présentation d'un schéma permettait souvent plus de clarté.

**Q18** - Les demi-équations électroniques ont été presque systématiquement écrites en milieu acide alors que l'énoncé précisait « à  $\text{pH}=14$  ».

**Q19** - Seul un raisonnement fondé sur le sens de circulation des électrons (indiqué par l'énoncé) permettait d'attribuer correctement les différents termes.

**Q20** - La relation de Nernst ne semble pas du tout maîtrisée par une majorité de candidats : oubli d'exposants, mauvaise expression des activités, signe + ou - fluctuant devant le terme en log, écriture de la relation en milieu basique, activité d'un gaz, etc...

**Q21** - Peu de courbes correctes ont été proposées par les candidats. Il s'agissait ici d'une pile et pas d'une électrolyse.

**Q22** - Question peu abordée.

**Q23** - Question peu abordée.

### 3.2.4 Conseils aux futurs candidats

Le premier conseil est de bien lire l'énoncé du sujet afin de répondre à la question posée sans digression, car aucun point dans le barème n'est attribué dans ce cas (ex : citer les règles de remplissage à la question 1). Il est conseillé aux candidats d'aborder et de rédiger les questions dans l'ordre de l'énoncé. Les applications numériques doivent être explicitées et menées jusqu'à leurs termes. Les définitions, le vocabulaire, les lois classiques doivent être maîtrisées si l'on souhaite réussir cette épreuve. Ainsi, pour cette épreuve sur le strontium, il fallait notamment :

- connaître les définitions en cristallographie (coordination, maille cubique à face centrée, condition de contact)
- connaître les formules utiles en thermochimie et savoir faire des calculs simples ;
- exprimer des quotients réactionnels ;
- connaître la loi de Nernst et l'appliquer correctement ;
- connaître des notions simples autour des piles.

### 3.2.5 Conclusion

Même si le sujet présentait quelques difficultés, le barème valorisait toute démarche cohérente et argumentée. Le jury souligne qu'une bonne connaissance du cours est nécessaire et suffisante à la réussite d'une telle épreuve. Certains candidats se sont distingués par des connaissances solides et des réponses très bien argumentées. Le jury tient à les féliciter.

## 3.3 Chimie - filière PC

### 3.3.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve de chimie (filiale PC) de la session 2021 comportait deux parties bien distinctes regroupant 65 questions. La première partie (31 questions) étudiait deux synthèses du Zoapatanol, molécule aux propriétés pharmacologiques. La seconde partie (34 questions) abordait certains aspects de la physicochimie de composés du zinc II : équilibres en solution, oxydoréduction, cristallographie, réaction en phase solide et diagrammes binaires.

La diversité des thèmes abordés permettait à chacun de s'exprimer au mieux.

### 3.3.2 Commentaires généraux

Le jury encourage les candidats à ne négliger aucune partie du programme qui comprend aussi des domaines étudiés en première année. La cristallographie semble être une partie peu prisée par de nombreux candidats malgré des questions récurrentes, bien balisées et souvent très accessibles.

Les efforts de présentation des copies relèvent de la diplomatie : une écriture claire, sans rature, des dessins précis sont autant d'atouts pour favoriser la communication en direction du correcteur.

Une rédaction de qualité nécessite l'emploi de termes scientifiques précis et adéquats.

Le jury encourage vivement les candidats à prendre connaissance de l'ensemble du sujet, en particulier du contenu des annexes qui contiennent des informations importantes pour la résolution de certaines questions.

### 3.3.3 Analyse détaillée des questions

Dans cette section, nous reprenons le fil de l'épreuve pour indiquer aux candidats les erreurs et maladresses commises, ou au contraire les réponses attendues par le jury.

#### Chimie organique

**Q1** - La détermination des configurations absolues demandées ne posait pas de difficultés particulières et a été bien traitée. Les candidats doivent dessiner des schémas clairs, explicites et justifier succinctement le résultat obtenu.

**Q2** - Le jury attend des justifications aux propositions d'assignation des signaux s'appuyant sur les couplages proton/proton et les déplacements chimiques. Il est fortement conseillé d'utiliser la numérotation donnée dans l'énoncé lors d'une analyse RMN.

**Q3** - Le réactif attendu était, dans le cadre du programme, un peracide (par exemple l'acide mé-tachloroperbenzoïque). La gêne stérique ne peut pas expliquer l'orientation qui dans ce cas serait privilégiée sur la double liaison la plus dégagée. En revanche, les alcènes substitués sont connus pour réagir plus rapidement avec les sites électrophiles. Le jury a accepté différentes approches pour justifier le fait que la réaction d'époxydation est une oxydation. La méthode la plus directe est l'écriture de la demi-équation rédox. Le calcul des nombres d'oxydation doit distinguer ici les deux carbones de la double liaison qui réagit.

**Q4** - À cette question relativement ouverte, le jury a accepté toute réponse qui utilisait les informations fournies par le document 1.

**Q5** - L'éthanoate de potassium est un composé ionique et l'ion éthanoate est un nucléophile, certes modeste, mais qui est ici utilisé en large excès. Le composé 7 est donc un diester.

**Q6** - De nombreux candidats confondent activation (c'est le cas ici) et protection de fonction. Développer la structure du groupement tosylo lors de son utilisation dans un mécanisme réactionnel est indispensable et la connaissance de cette structure est donc attendue. La triéthylamine est une base trop faible et un acide trop modeste pour que la déprotonation du second par la première soit une réaction suffisamment quantitative.

**Q7** - Peu de candidats ont pensé à une réaction de saponification.

**Q8** - Indiquer les équations de réactions (avec un mécanisme) constitue le modèle le plus approprié pour expliquer la formation d'un produit. Le jury a accepté toute réponse qui proposait un mécanisme rendant compte de la transposition : soit lors de la préparation de l'organomagnésien, soit lors de la réaction de celui-ci sur le méthanal.

**Q9** - L'étape clé qui explique la régiosélectivité est la détermination du site préférentiel de protonation de l'éther d'énol par l'APTS (justification par l'écriture des formes mésomères).

**Q10** - Le jury attendait d'une part que les candidats identifient bien la régiochimie souhaitée et d'autre part précisent bien les deux étapes avec les conditions opératoires correspondantes : hydroboration suivie d'une hydrolyse dans des conditions oxydantes ( $H_2O_2$ ) et en milieu basique.

**Q11** - Dans le cadre du programme, la proposition attendue était l'activation par formation du tosylate de l'alcool suivie d'une substitution nucléophile par l'ion bromure. D'autres propositions réalistes ont été acceptées.

**Q12** - Sur une question très proche du cours, notons des curiosités : l'utilisation inadéquate d'un appareil Dean-Stark et le rôle de la garde au chlorure de calcium attribué à tort au piégeage du dioxygène ou du dioxyde de carbone.

**Q13** - La structure du produit 17 obtenu indique bien que l'époxyde n'a pas réagi dans les conditions opératoires choisies (choix d'un catalyseur issu du tétrachlorocuprate de lithium). Il n'était donc ni utile, ni nécessaire d'évoquer une réaction qui n'est pas observée. Les deux fonctions alcool présentes sont déprotonnées par un réactif organomagnésien ou organolithien.

**Q15** - Le jury a accepté la plupart des méthodes de séparation même s'il est probable que la méthode la plus réaliste est la chromatographie sur colonne.

**Q16** - Il était attendu que le candidat précise s'il s'agissait d'une oxydation poussée ou ménagée, sans connaissance explicite d'un réactif.

**Q17** - La question a généralement été mal comprise. Il ne s'agissait pas de comparer la réactivité d'un organolithien à celle d'un organomagnésien mais de justifier l'emploi d'un excès de réactif. Un organolithien est comme un organomagnésien une base très forte qui réagit de façon quantitative avec les acides carboxyliques (fonction présente dans la molécule 21). La structure donnée par l'énoncé du Zoapatanol montre qu'il y a eu création d'une liaison carbone/carbone entre le carbone de l'organolithien et celui de la fonction acide carboxylique ainsi que la disparition des fonctions ester. Cela indique la nécessité de l'utilisation de plusieurs équivalents de réactif organolithien : un pour la déprotonation de l'acide carboxylique, un pour l'addition de l'organolithien sur l'ion carboxylate et deux équivalents qui s'additionnent sur chaque fonction ester.

**Q18** - Pour répondre correctement à cette question, il ne suffit pas de donner la formule correcte de la molécule 24. Il faut assigner les données spectroscopiques c'est-à-dire établir la correspondance entre un nombre d'onde en infra-rouge et une vibration de valence, entre un signal RMN (déplacement et multiplicité commentés) et un proton.

**Q19** - Beaucoup de candidats ont oublié l'atome d'iode.

**Q20** - La structure proposée doit être neutre : il ne faut pas oublier les ions lithium dans la formule de (28).

**Q22 et 23** - La nature de la question 23, nécessitant l'utilisation des données rapportées au document 5, confirmait la nature du produit de réduction, c'est-à-dire l'alcool primaire correspondant à l'acide carboxylique initial.

**Q28** - Les candidats justifient rarement le fait que le mécanisme observé soit  $S_N2$  et que la formation de l'alcoolate est la première étape de la séquence réactionnelle.

**Q30** - Les candidats doivent veiller à bien équilibrer les réactions.

**Q31** - Seuls le nom et les caractéristiques d'un tel catalyseur étaient attendus, pas sa formule explicite.

### Chimie minérale et générale

**Q32 à 36** - Ces questions étudient la solubilité du zinc II en solution et n'ont pas toujours été bien comprises par les candidats. Les grandeurs qui apparaissent dans les constantes d'équilibre sont les activités des participants à la réaction et il semblerait que l'approximation des solutions diluées ait posé soucis à de nombreux candidats. La concentration volumique molaire d'une espèce solide n'a pas beaucoup d'intérêt thermodynamique et n'intervient pas dans l'expression de la solubilité d'une espèce en solution qui ne fait apparaître que les formes solubles. À la question 35, une explication qualitative précise permet d'interpréter simplement ce minimum de solubilité ; il ne s'agit pas de privilégier une démonstration mathématique au détriment des phénomènes physiques observés, même si celle-ci est acceptée lorsque correctement présentée. Notons aussi que la confusion entre  $Zn(OH)_2$  (aq) et (s) a été récurrente dans les réponses des candidats.

**Q37 à 40** - L'assignation des domaines nécessite la prise en compte des informations données par les figures 1 et 2 : sur la figure 2, les intersections de l'horizontale correspondant à la concentration de travail (donc pour la valeur numérique  $-2$ ) avec la courbe donnent les valeurs de pH d'environ 6,8 et 13,4 auxquelles, par consultation de la figure 1, correspondent les espèces majoritaires respectives de l'ion  $Zn^{2+}$  (pH = 6,8) et de l'ion  $Zn(OH)_4^{2-}$  (pH = 13,4). Ces valeurs sont bien celles de droites verticales du diagramme potentiel-pH séparant les domaines A et B (pH = 6,8) et les domaines B et C

(pH = 13,4). Cette démarche a été très rarement proposée par les candidats. Tout résultat numérique ou littéraro-numérique (par exemple l'équation d'un segment de droite dans un diagramme E-pH où apparaît le facteur 0,06) doit être accompagné de son unité. Les potentiels standard d'oxydoréduction  $E^\circ$  sont définis à pH nul, ce qui signifie qu'ils doivent être associés à une demi-équation rédox où apparaissent des ions oxonium  $H_3O^+$ .

**Q41 à 46** - Cette partie étudie l'électrodéposition de l'oxyde de zinc. Il est judicieux de distinguer les conditions en solution, loin de l'électrode où l'espèce stable du zinc(II) est l'ion  $Zn^{2+}$ , et les conditions au voisinage de l'électrode qui doivent être compatibles avec la formation de l'hydroxyde ou de l'oxyde de zinc. La précision des mesures rapportées dans les figures 4 et 5 est suffisante pour trancher entre les deux possibilités envisageables : formation d'une couche d'hydroxyde de zinc ou formation d'une couche d'oxyde de zinc. Ces questions ont souvent été correctement traitées.

**Q47 à 52** - Ces questions portent sur la structure de l'ion  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  : diagramme des orbitales moléculaires et géométrie. Le jury attendait la prise en compte des critères de symétrie et de proximité en énergie pour rendre compte de l'interaction effective entre orbitales. Les électrons d'une sous-couche  $d$  complète ne sont pas compatibilisés comme électrons de valence et ne doivent donc pas être pris en compte dans une prédiction de géométrie qui utilise la méthode VSEPR. La règle de HUND n'est pas nécessaire pour déterminer la configuration électronique d'un atome.

**Q53 à 57** - Ces questions de cristallographie n'ont pas été toujours correctement traitées. Le jury s'étonne que de trop nombreux candidats se satisfassent d'un décompte d'ions non compatibles avec l'électronneutralité de la maille. Le contact anion/cation a été rarement évoqué. Pour pouvoir expliquer l'effet de la pression sur la nature de la variété allotropique favorisée, il est nécessaire de déterminer la variété de masse volumique la plus élevée.

**Q58 et 59** - L'étude d'une réaction d'oxydoréduction en phase solide a révélé certaines défaillances en thermodynamique. S'il est nécessaire d'utiliser les données thermodynamiques pour déterminer l'enthalpie libre standard  $\Delta_r G^\circ$  de réaction de l'oxyde de zinc(II) avec la silice, c'est l'enthalpie libre  $\Delta_r G$  qui est le critère d'évolution permettant de justifier le sens d'évolution spontané d'un système de composition bien définie. Certains candidats ont pris l'initiative de faire remarquer que la couche sombre qui apparaît à l'interface Si/SiO<sub>2</sub> lors du recuit pouvait être attribuée au zinc métal qui se forme. Le jury a apprécié cette remarque.

**Q60 à 65** - L'essentiel de ces questions portent sur les diagrammes binaires solide/liquide du système ZnO/SiO<sub>2</sub>. Une connaissance raisonnable de cette partie du programme permettait de répondre. À la question 65, les calculs de variance sont souvent omis, baclés voire trafiqués.

### 3.3.4 Conclusion

L'épreuve proposée, qui ne recelait pas de difficultés particulières avec un ensemble des questions très accessible, a permis à de nombreux candidats de s'exprimer pleinement.

Le jury félicite ces candidats qui, par leur maîtrise des connaissances acquises, ont montré leur intérêt pour la chimie. À titre indicatif, la meilleure copie a correctement traité 80% de l'épreuve.

## 3.4 Chimie - filière PSI

### 3.4.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet de la session 2021 avait pour thème la chimie du Strontium et abordait des aspects variés de chimie générale. Le sujet proposé était divisé en cinq parties indépendantes, ce qui évitait aux candidats d'être bloqués en cours d'épreuve. Malgré cela nombre d'entre eux n'ont répondu correctement qu'à très peu de questions, ce qui dénote un manque de travail en chimie en filière PSI.

### 3.4.2 Commentaires généraux

Le jury souhaite rappeler aux candidats quelques aspects essentiels quant à leur réussite :

- une copie n'est pas un brouillon. De ce fait, le jury attend une réponse claire, en français correct, des expressions littérales propres, des applications numériques posées, des résultats mis en valeur (encadrés ou soulignés), le tout avec une écriture lisible ;
- une justification à la réponse est systématiquement attendue ;
- les applications numériques (à faire sans calculatrice) sont souvent fausses ou négligées ;
- un résultat sans unité est évidemment compté faux.

### 3.4.3 Analyse détaillée des questions

Seules les questions traitées sont commentées.

**Q1** - Les différentes règles de remplissage n'étant pas demandées, seules les configurations électroniques finales étaient demandées. La notion de famille d'éléments chimiques était clairement attendue.

**Q2** - Une justification propre (se rapprocher de la configuration électronique du gaz noble le plus proche) était attendue de la part des candidats. Là aussi, dommage de perdre des points sur une telle question.

**Q3** - Beaucoup trop de candidats ont tenté de faire un schéma de Lewis incluant le strontium alors que l'énoncé demandait clairement le schéma de Lewis de l'ion carbonate uniquement.

**Q5** - Un schéma clair et propre de la maille était attendu, ce n'est pas au correcteur de deviner l'emplacement des différents ions. Nombre de candidats utilisent la même représentation pour les cations et les anions (et/ou des teintes de couleurs beaucoup trop proches qui ont du mal à « passer » au scan). Beaucoup de candidats n'ont pas su définir les coordinences des ions dans la maille. Il faut rappeler que pour un cristal ionique, on définit une valeur de la coordinence pour les cations ET une valeur pour les anions.

**Q6** - La notion de contact ou de tangence anion/cation est essentielle pour répondre à cette question. Rares sont les candidats aboutissant à une AN acceptable.

**Q8 et 9** - Des questions de cinétique chimique assez peu traitées. Néanmoins, les candidats qui ont abordé ces deux questions ont assez souvent obtenu de bons résultats.

**Q10** - Le jury rappelle que le terme "établir" nécessite de justifier la réponse.

**Q11** - Le résultat étant déjà donné dans la question, le candidat doit évidemment démontrer proprement qu'il obtient bien ce résultat et non faire croire qu'il y arrive par miracle !

**Q13** - La relation de Van't Hoff était explicitement attendue et non juste l'énoncé de la loi de déplacement d'équilibre. Assez peu de conclusions claires ont été fournies pour cette question.

**Q17** - Il serait utile que les candidats révisent aussi leurs connaissances expérimentales afin de proposer un montage cohérent. Des noms fantaisistes ont parfois été attribués à CE et ER...

**Q18** - Beaucoup de confusions entre oxydation/réduction et/ou anode/cathode. Trop peu de candidats ont proposé des demi-équations ajustées en milieu basique. De plus, il est important qu'une demi-équation soit écrite dans le sens de la transformation qui se fait réellement.



**Q19** - Idem que la question 18. Le sens de circulation des électrons est trop peu utilisé pour justifier le raisonnement.

**Q20** - Une définition propre et rigoureuse du potentiel de Nernst est attendue : beaucoup de candidats proposent des expressions farfelues.

**Q21** - La courbe anodique correspond à une intensité positive et la courbe cathodique à une intensité négative. Il fallait penser à utiliser les surtensions données dans l'énoncé, en prenant en compte correctement leur signe.

**Q23** - Peu de candidats se sont lancés dans cette question, pourtant assez classique. Il ne fallait pas oublier le rendement de la pile pour le calcul final.

#### 3.4.4 Conseils aux futurs candidats

De manière générale le jury attend :

- une copie propre et soignée ;
- des unités pour les applications numériques ;
- des réponses justifiées ;
- des calculs aboutis sans chercher à piéger le correcteur.

#### 3.4.5 Conclusion

Le sujet proposé cette année était d'une longueur raisonnable et comportait de nombreuses questions faciles et très proches du cours. Celles-ci permettaient aux élèves ayant travaillé sérieusement la chimie lors de leurs deux années de CPGE d'obtenir une note très correcte à cette épreuve. Le jury regrette que de nombreux candidats ne semblent pas avoir fait un effort suffisant dans cette matière. Les applications numériques (sans calculatrice) posent toujours des problèmes aux candidats, mais on a noté une diminution des confusions sur les unités (J ou kJ) par rapport aux années précédentes. Nous tenons toutefois à féliciter les candidats qui se sont investis en chimie lors de leur préparation et ont ainsi su gérer correctement l'ensemble des questions.



## 4 Informatique

### 4.1 Informatique pour tous

#### 4.1.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet d'informatique commune comportait cette année trois parties indépendantes, chacune étant axée sur un type de marche différent. Dans la première partie, on menait l'étude d'une randonnée concrète via des questions sur les bases de données et des questions plus algorithmiques visant à déterminer les caractéristiques usuelles (distance parcourue, dénivelé) d'une randonnée. Dans la seconde partie, on étudiait une marche aléatoire sur un réseau, modélisant le mouvement brownien d'une petite particule en suspension dans un fluide. La dernière partie était consacrée à la génération de chemins auto-évitant dans  $\mathbb{Z}^2$ .

L'épreuve abordait ainsi un large éventail de notions étudiées durant les deux années de préparation des candidats.

#### 4.1.2 Commentaires généraux

- Si certaines copies sont très faibles (voire presque vides), certaines sont excellentes et frisent parfois la perfection. La longueur et la difficulté du sujet étaient ainsi tout à fait adaptées à ce type d'épreuve, ce qui a permis de classer les candidats.
- Cette année encore, le jury souhaite souligner l'importance de la présentation des copies. Certaines sont très brouillonnes, sales, voire parfois illisibles. Un nombre trop important de ratures nuit forcément à la lecture des codes Python produits, et peut même provoquer des erreurs de syntaxe. On peut certes tolérer quelques ratures propres (correction d'un oubli, d'une erreur de syntaxe), qui ne nuisent pas à la poursuite de la lecture ni à la structure des codes proposés, mais un code trop difficile à déchiffrer (excès de ratures ou de rajouts par le biais de flèches ou d'astérisques) est forcément sanctionné.
- De la même façon, une erreur ponctuelle de syntaxe (oubli d'une parenthèse fermante) peut être tolérée. En revanche, l'absence récurrente des parenthèses (en écrivant par exemple systématiquement `for i in range n` ou `len L`) a été sanctionnée.
- L'importation des bibliothèques en Python doit être maîtrisée. Il existe plusieurs façons de procéder, qui ne doivent pas être confondues. On pourra par exemple écrire `import math`, `import math as m`, `from math import *` ou encore `from math import cos, sin`. Il est cependant demandé que la syntaxe de l'appel aux fonctions Python de ces bibliothèques soit en adéquation avec la syntaxe d'importation choisie.
- Le sujet demandait explicitement de manipuler des listes. À ce titre, il n'était pas opportun d'utiliser le module `numpy`. Les candidats doivent maîtriser la manipulation des listes, notamment :
  - la construction d'une liste élément par élément. Par exemple, l'initialisation d'une liste `L = [ ]` suivie, dans une boucle `for`, d'une affectation `L[i] = elt` provoque une erreur ;
  - l'ajout d'un élément à la fin d'une liste. Comme indiqué dans les rapports des années précédentes, la syntaxe `L.append(elt)` est à privilégier. D'une part, elle est plus efficace, mais elle est également moins source d'erreurs. L'emploi de la syntaxe `L = L + [elt]` (ou `L += [elt]`) a par exemple provoqué beaucoup d'oubli de crochets, quand `elt` était lui-même une liste ;

- les erreurs de syntaxe “à la `numpy`” : l’addition terme à terme de deux listes de même taille (respectivement la multiplication terme à terme d’une liste par un flottant ou un entier) ne peut pas se faire à l’aide d’une syntaxe du type `L1 + L2` (respectivement `a * L`), réservée aux tableaux `numpy`. L’accès à un élément d’une liste de listes se fait quant à lui *via* une syntaxe du type `L[i][j]`, et pas `L[i, j]` ;
  - le caractère modifiable des listes ; il s’agit d’un aspect subtil de Python, dont les candidats doivent avoir pris conscience au cours de leur formation. Par exemple, quand l’énoncé demande de créer une nouvelle liste, on ne peut pas juste modifier la liste entrée en paramètre d’une fonction ; de même, l’affectation `L1 = L2` ne permet pas de créer une copie indépendante de la liste `L2` ;
  - la modification des éléments d’une liste ; la commande `for elt in L : elt = float(elt)` n’apporte par exemple aucun changement à la liste `L`.
- Le jury a remarqué cette année un nombre croissant de copies dans lesquelles les affectations des variables sont faites à l’envers ; par exemple, si `L` était une liste placée en paramètre d’une fonction, beaucoup de candidats ont écrit `L = a, b, c, d` au lieu de `a, b, c, d = L` pour affecter les valeurs des éléments de `L` dans les variables `a, b, c, d`. En outre, rappelons que le choix du nom d’une variable doit être valide et pertinent. Un nom de variable ne peut être composé que de caractères alphanumériques et du caractère `_` (pas de `'`, `-`, `.`, qui provoquent une erreur de syntaxe, ni de lettres grecques, comme  $\varphi$ ). Enfin, rappelons que l’affectation d’une variable se fait en Python à l’aide d’un `=`, que beaucoup de candidats ont utilisé à tort à la place d’un `==` pour tester l’égalité des valeurs de deux objets.

#### 4.1.3 Commentaires spécifiques à chaque question

**Q1** - Trop de candidats oublient le `SELECT` quand ils utilisent une fonction d’agrégation. De plus, la syntaxe `1998 < ne < 2004` ne permet pas de répondre à la question ; on préférera écrire par exemple `ne > 1998 AND ne < 2004`, ce qui n’est pas équivalent en `SQL`.

**Q2** - La fonction d’agrégation `AVG` n’est pas toujours maîtrisée, ainsi que l’usage de `GROUP BY`.

**Q3** - Beaucoup de candidats ont voulu utiliser une jointure entre les tables `Rando` et `Participant` en utilisant une condition du type `ON rid = pid`, montrant ainsi un manque de compréhension de cette notion. Un produit cartésien (suivi d’une clause `WHERE`) ou l’utilisation d’une sous-requête permettaient de répondre à la question.

**Q4** - Cette question était plus délicate. Une auto-jointure permettait par exemple de répondre à la question. Certains candidats ont également cherché à utiliser une sous-requête ; attention dans ce cas à la confusion entre `HAVING` et `WHERE`. De manière générale, beaucoup de candidats utilisent une syntaxe erronée de la forme `attribut.table` en lieu et place de `table.attribut`.

**Q5** - Les fonctionnements de `readline()`, `readlines()` et `split()` n’ont pas été assez compris. La conversion d’une chaîne de caractères en flottant a également posé de nombreux problèmes, voire a été souvent complètement occultée. Si des progrès ont été notés concernant la gestion des fichiers texte par les candidats, des efforts sont néanmoins à poursuivre sur ce point.

**Q6** - Lors d’une recherche de maximum dans une liste, l’initialisation du maximum courant à 0 est erronée.

**Q7** - Le principe est souvent maîtrisé, mais la syntaxe a trop souvent été entachée d’une erreur de gestion des indices dans la boucle `for`. Les candidats sont invités à vérifier systématiquement les éventuels dépassements d’indices lors d’un parcours d’une liste. Beaucoup de candidats ont également commis une erreur de signe concernant le dénivelé négatif ; le canevas fourni en fin d’énoncé permettait pourtant de lever un quelconque doute à ce sujet.

**Q8** - Cette question était assez difficile. Il fallait dans un premier temps bien comprendre le type d'un point de passage (beaucoup de candidats l'ont interprété à tort comme une liste de deux flottants, contredisant l'énoncé). La conversion (en radians pour les angles, en mètres pour les longueurs) était ensuite attendue. La prise en compte de l'altitude moyenne de l'arc a porté à confusion, ainsi que l'utilisation du théorème de Pythagore. Certains candidats ont illustré leur code d'un dessin, les aidant vraisemblablement à mieux comprendre la question.

**Q9** - Question plutôt réussie, excepté l'erreur fréquente sur le type d'un point de passage.

**Q10** - Beaucoup trop de candidats ont cherché à utiliser une syntaxe "à la `numpy`" dans cette question, ce qui n'est pas possible avec des listes.

**Q11** - Outre la difficulté de projeter l'équation différentielle sur les deux axes, de nombreux candidats ont eu des difficultés à coder correctement la force  $\vec{f}_B$ . Les fonctions `uniform` ou `gauss` génèrent des valeurs différentes à chaque utilisation, ce qui a rendu faux le code de beaucoup de candidats.

**Q12** - Le principe de la méthode d'Euler n'est pas toujours maîtrisé. L'enchaînement des questions incitait également à utiliser les fonctions précédentes (`vma` et `derive`).

**Q13** - Le principe a globalement été compris. Les erreurs ont souvent porté sur les voisins possibles de `p` (les voisins en diagonale n'étaient pas à considérer) ainsi que sur le test de leur appartenance à `atteints`. Les conditionnelles utilisant `elif` ne permettaient pas de répondre correctement. La construction de la liste voulue à partir d'une liste vide `[]` et de `append` successifs est un incontournable à maîtriser.

**Q14** - De nombreux candidats ont utilisé un point en trop dans leur exemple de CAE, ou oublié la moitié des cas dans le dénombrement des CAE les plus courts.

**Q15** - Beaucoup de candidats ont confondu la liste vide `[]` avec la valeur spéciale `None`. Trop de copies ont également recalculé deux ou trois fois la même valeur de `positions_possibles(p, atteints)` au lieu de la stocker.

**Q16** - Comme souvent, la détermination rigoureuse de la complexité (dans le cas le pire) d'une fonction a beaucoup posé problème. Trop de candidats pensent qu'une telle complexité est toujours en  $O(n^k)$ , où  $k$  est le nombre de boucles `for` présentes dans la fonction. On attendait ici que l'on détermine et somme les complexités de chaque fonction appelée dans la boucle.

**Q17** - L'interprétation rigoureuse de la valeur de l'ordonnée représentée dans ce graphique a souvent posé problème. Il ne s'agissait par exemple pas d'un pourcentage.

**Q18** - Les tris, ainsi que leur complexité respective, ne sont pas toujours maîtrisés. Rappelons que le tri rapide a une complexité dans le cas le pire en  $O(n^2)$ , alors que celle du tri-fusion est en  $O(n \log n)$ .

**Q19** - Le principe de trier la liste `chemin` a été plutôt bien compris, et la question assez réussie.

**Q20** - L'obtention des formules pour les coordonnées de l'image d'un point par une rotation a souvent été entachée d'erreur.

**Q21 à 23** - Figurant en fin d'énoncé, ces questions ont permis de valoriser la prise de recul et la maîtrise des listes des meilleurs candidats.

## 4.2 Informatique option MP

### 4.2.1 Généralités

Le sujet s'intéresse à l'analyse et à la programmation du jeu du solitaire. Il est composé de deux parties : une première partie avec un jeu sur le tablier européen en un minimum de coups et une autre partie où le jeu se déroule sur un tablier unidimensionnel.

Le sujet est composé de 30 questions. Elles permettent de reconnaître des motifs, de définir des coups simples puis composés, d'identifier des parties minimales, de reconnaître des motifs sur un tablier

unidimensionnel. Les candidats ont bien saisi les différences entre le jeu sur tabliers européen et unidimensionnel. En conséquence, ils ont su gérer le passage d'une question à une autre et d'un tablier à un autre en vue de répondre au maximum de questions.

Les candidats ont abordé les questions de programmation ainsi que les questions portant sur des démonstrations. Ils ont bien compris le sujet ainsi que les différences qui résultent de l'utilisation des deux tabliers.

Comme l'année dernière, les correcteurs ont noté, avec satisfaction, qu'il y avait de nouveau une diminution importante de compositions traitant exclusivement les questions portant sur l'écriture de programmes ou les questions portant sur des démonstrations. Par contre, il reste encore quelques compositions qui utilisent un langage autre que Ocaml (Python en particulier) alors que cela est proscrit de manière explicite en préambule du sujet (page 1 du sujet).

Enfin, même si cela n'a pas porté préjudice aux candidats dans la correction, les correcteurs notent une tendance encore marquée consistant à écrire des programmes Ocaml en style impératif. Une part importante de candidats ne semblent pas entièrement à l'aise avec la programmation fonctionnelle. Les correcteurs ne privilégient pas un style par rapport à un autre mais encouragent les candidats à maîtriser les deux styles de programmation afin de choisir le mieux adapté à la réponse à une question.

#### 4.2.2 Analyse de Forme

Les programmes présentés par les candidats respectent les règles d'indentation avec des retours à la ligne facilitant la lecture du code. Plusieurs copies restent malgré tout mal présentées voire même illisibles pour le correcteur, sans indentation, avec de grosses ratures, des renvois avec des flèches en bas de page, etc. Ces copies sont très difficiles à interpréter.

Plusieurs compositions utilisent des fonctions auxiliaires, ce qui est une bonne chose pour décomposer un programme. Mais, ces fonctions portent des noms non significatifs comme `Aux`, `Aux1`, `Aux2`, etc. Lorsque ces fonctions sont ensuite appelées/composées dans le programme demandé, il est difficile de comprendre la fonction réalisée par ce programme. Il est recommandé d'utiliser des noms significatifs à l'image de ce que font les concepteurs des sujets. Un commentaire additionnel permet de mieux évaluer la compréhension du sujet ou de la question par les candidats.

Les correcteurs souhaitent mentionner la présence de preuves d'équivalence souvent imprécises lorsqu'elles sont conduites par une succession d'équivalences. Peu de compositions font la démonstration dans les deux sens.

Enfin, plusieurs copies renferment encore des expressions de la forme « C'est évident », « il est clair que ... », « Trivial ». Ces expressions ne sont pas acceptées lorsque la question exige une justification et/ou bien une démonstration qui doit être convaincante et rigoureusement établies.

#### 4.2.3 Analyse par question

**Q1** - De nombreux candidats ignorent la distinction entre parcours en profondeur ou largeur et l'emploi associé d'une pile ou d'une file.

**Q2** - Le test `x <= 6` est parfois oublié. Pour certains candidats, les correcteurs ont observé une confusion entre Python et Ocaml dans le traitement de cette question.

**Q3** - L'opération `x :: 1` est interprétée comme un effet de bord sur `1`. Ce n'est pas le cas.

**Q4** - Question globalement bien traitée.

**Q5** - Certains candidats n'ont pas compris les spécificités du sujet et utilisent les puissances de 2 pour faire le décalage (cela n'a pas été sanctionné). Ces candidats n'ont pas perçu l'intérêt de l'approche.

**Q6** - Du code plus ou moins compliqué. Beaucoup utilisent une programmation impérative plutôt que fonctionnelle, et donc avec des programmes et codes plus conséquents à écrire. Par ailleurs, on trouve également l'utilisation d'une somme plutôt qu'une opération logique bit-à-bit.

**Q7** - Question globalement bien traitée.

**Q8** - Certains candidats n'ont pas bien compris ou pas bien lu la définition des opérateurs logiques sur les entiers donnés dans l'énoncé. Les correcteurs relèvent des erreurs liées à des incompréhensions de l'effet du décrémentation sur la représentation binaire.

**Q9** - Des expressions parfois très compliquées sont données en réponse à cette question.

**Q10** - Le décalage est en général bien fait mais certains candidats oublient de tester si l'encoche fait toujours partie du tablier européen. Des confusions entre la valeur et la position (entre le motif  $p = 2^k$  et son numéro  $k$ ).

**Q11** - On trouve du code parfois très compliqué pour résoudre cette question. Souvent les candidats utilisent une programmation impérative. Beaucoup de candidats oublient de vérifier certaines conditions pour que le saut soit possible et de tester si le fichet dans sa position finale est toujours dans le damier européen. De nombreux candidats dupliquent le même code ou quasiment pour tester les quatre directions.

**Q12** - Les copies présentent souvent des codes confus. En particulier, nous notons des oublis de mémoriser les coups intermédiaires ou bien le renvoi du seul premier coup simple. Les candidats ayant utilisé une programmation fonctionnelle ont de meilleures réponses que ceux qui utilisent une programmation à l'aide de boucles. Les programmes qui ne géraient pas les doublons n'ont pas été sanctionnés.

**Q13** - Certains candidats oublient de tester les fichets présents sur le damier européen, et peu de candidats ont le réflexe de récupérer la première composante comme indiqué par l'énoncé. Enfin, les correcteurs relèvent ici aussi la présence de confusion entre numéro  $k$  et motif  $p = 2^k$ .

**Q14** - En général cette question est assez bien traitée par les candidats qui ont traité cette question.

**Q15** - Parfois la notion d'accumulateur pour récupérer les données en sortie n'est pas traitée par les candidats qui ne font pas référence à la question précédente. D'autres candidats s'efforcent de redéfinir la question précédente sous une autre forme. Plusieurs candidats omettent d'effectuer les mouvements sur les motifs de L. Cette question est, en général, mieux traitée en programmation de style impératif que fonctionnel.

**Q16** - Question peu traitée. Elle semble difficile pour de nombreux candidats. Certains oublient la création du dictionnaire lorsqu'ils font le choix de cette option pour traiter la question.

**Q17** - Peu de candidats traitent correctement cette question. Certains oublient les solutions justes ou à peu près justes qu'ils proposent dans les questions précédentes pour ne s'intéresser qu'à la réponse fautive proposée en question 1.

**Q18** - Question globalement bien traitée.

**Q19** - Les compositions présentes souvent des automates très compliqués, et certaines réponses sont fausses.

**Q20** - Une majorité de candidats ne connaissent pas la notion de langage. La relation avec un automate local semble confuse.

**Q21** - Peu de candidats donnent la bonne réponse. On note beaucoup d'erreurs de calculs dans les majorations.

**Q22** - De bonnes réponses sont données lorsque les candidats ont traité les différents cas. Autrement, on trouve des calculs parfois très confus avec beaucoup d'erreurs.

**Q23** - Certains candidats ont traité partiellement ou complètement cette question dans la question précédente. Les correcteurs ont bien pris en compte ce résultat. Néanmoins, peu de candidats aboutissent à l'expression recherchée.

**Q24** - Très peu de candidats fournissent la bonne réponse. Nous avons observé des réponses correspondant à de nombreuses estimations sans fondement.

**Q25** - Peu de candidats analysent correctement le processus de la trace. Certains se limitent à réécrire ce qui est donné dans l'énoncé pour cette question.

**Q26** - Très peu de candidats arrivent à donner, même grossièrement, le nombre fini de valeurs distinctes.

Les questions **27** à **30** sont très peu abordées.



## 5 Sciences Industrielles

### 5.1 Introduction

Le support commun retenu pour les sujets de Sciences Industrielles en MP et PSI est le bassin de traction du Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Energétique et Environnement Atmosphérique (LHEEA) situé à Nantes.

Ce bassin de traction mesure 140 m de long, 5 m de large, et a une profondeur constante de 3 m. Il est équipé d'un chariot de traction pouvant se déplacer dans l'une ou l'autre des directions, avec des vitesses atteignant jusqu'à 30 km/h. À une extrémité du bassin se trouve un batteur à houle permettant de générer des houles unidirectionnelles régulières de hauteur crête-à-creux maximale de 0,5 m. A son autre extrémité, une plage d'amortissement sert à faire déferler les vagues pour limiter leur réflexion dans le bassin.

Enfin, un dispositif de mesure permet de recueillir en temps réel les efforts appliqués par l'eau sur la maquette de bateau mue par le chariot du bassin de traction.

Pour les deux filières, les auteurs ont volontairement proposé un questionnement privilégiant les activités d'analyse et de synthèse, compétences particulièrement recherchées en ingénierie, au détriment de développements mathématiques plus lourds. Cependant, on ne peut étayer les conclusions exigées lors d'une activité d'ingénierie sans faire preuve d'un minimum de maîtrise et de rigueur dans l'utilisation des outils mathématiques, ce qui n'a pas toujours été constaté lors de la correction des copies.

### 5.2 Présentation du sujet en filière MP

Le sujet MP comprend 26 questions pour une durée d'épreuve de 3 heures.

Il se décompose en 3 parties :

- Partie 1 : étude du mouvement du chariot
  - analyse de la loi de vitesse du chariot par rapport au rail ;
  - étude du contact roue/rail et choix de matériau ;
  - vérification des performances du système de levage.
- Partie 2 : analyse de la commande
  - modélisation de l'asservissement en vitesse du chariot ;
  - étude de l'influence de la perturbation sur la commande en vitesse ;
  - réglage de correcteurs.
- Partie 3 : étude du système de génération de houle
  - étude des actions hydrauliques sur le système de génération de houle ;
  - détermination des caractéristiques du mouvement du batteur ;
  - vérification du dimensionnement du système hydraulique.

Champs disciplinaires abordés par le sujet :

- cinématique : questions 1, 8, 9, 18, 19 ;
- dynamique (théorèmes généraux), lois de Coulomb : questions 2, 3, 4, 5, 6, 7 ;
- dynamique (méthodes énergétiques) : questions 20, 21, 22, 24, 25, 26 ;
- systèmes linéaires continus invariants : questions 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23.



### 5.3 Présentation du sujet en filière PSI

Le sujet PSI comprend 33 questions pour une durée d'épreuve de 4 heures.

Il se décompose en 3 parties :

- Partie 1 : étude du mouvement du chariot
  - analyse de la loi de vitesse du chariot par rapport au rail ;
  - calcul du couple moteur nécessaire ;
  - étude du contact roue/rail et choix de matériau ;
  - vérification des performances du système de levage.
- Partie 2 : analyse du dispositif d'acquisition de données
  - modélisation de la balance ;
  - étude des efforts transmis par le système ;
  - validation du cahier des charges.
- Partie 3 : étude de la commande
  - modélisation de l'asservissement en vitesse du chariot ;
  - étude de l'influence de la perturbation sur la commande en vitesse ;
  - réglage de correcteurs.

Champs disciplinaires abordés par le sujet :

- cinématique : questions 1 ;
- dynamique (méthodes énergétiques) : questions 2, 3, 4 ;
- dynamique (théorèmes généraux), lois de Coulomb : questions 5, 6, 7, 8, 9, 10 ;
- schématisation, analyse de mécanisme : questions 11, 12, 16 ;
- notion d'équilibre statique : questions 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22 ;
- systèmes linéaires continus invariants : questions 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33.

### 5.4 Analyse détaillée du sujet en filière MP

**Étude de l'exigence 1.1.1 : « Durée de l'essai »**

**Q1** - Une question classique d'étude d'une loi de vitesse en trapèze. Il faut veiller à répondre correctement à la question, en donnant les expressions littérales demandées. Le résultat seul ne suffit pas, et les applications numériques doivent être correctement effectuées.

**Q2** - Une question destinée à préparer la **Q3**. Beaucoup d'erreurs ont été commises suite à un mauvais Bilan des Actions Mécaniques Extérieures s'exerçant sur la roue. Identifier un cas simple permet de s'affranchir de calculs inutilement compliqués.

**Q3** - Application du Théorème du Moment Dynamique à un solide unique. Cette question a été bien réussie quand la **Q2** l'a été également. Trop de réponses sont données sans se soucier de la forme demandée dans la question. C'est dommage de perdre des points pour cela alors que la méthode est bonne.

**Q4** - Cette question interrogeait le candidat sur sa capacité à choisir la méthode de résolution du problème posé. Choisir la bonne équation à écrire permet d'optimiser la résolution du problème. Cependant, même lorsque la méthode choisie était la bonne, les calculs menés pour déterminer le moment dynamique n'ont que trop rarement abouti.

**Q5** - Comme pour **Q4**, cette question évaluait plutôt la capacité du candidat à définir une démarche de résolution. Aucun calcul n'était demandé, mais on peut noter qu'une fois encore, le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures a été trop souvent négligé. Le jury souhaite mettre l'accent sur le fait qu'annoncer un Bilan des Actions Mécaniques Extérieures et un théorème sans avoir au préalable indiqué l'isolement n'a pas de sens ! Le jury a donc sanctionné les candidats qui n'auraient pas indiqué l'isolement.

**Q6** - Cette question permettait de relier les calculs menés de **Q2** à **Q5** à la problématique de la partie 1. En utilisant le modèle de Coulomb, visiblement mal maîtrisé par les candidats, il suffisait de relier le facteur de frottement aux actions mécaniques déterminées précédemment. Attention à ne pas oublier les valeurs absolues dans le calcul lorsqu'on établit le facteur de frottement nécessaire.

**Q7** - Les valeurs étant données, le candidat devait simplement prendre en considération la simplification du modèle (passage de 2 à 4 roues) et le coefficient de sécurité pour définir le facteur de frottement minimal à prendre en compte pour choisir le même couple de matériaux en jeu. Une fois encore, trop de réponses ont été incomplètes ou incorrectes, du fait d'une mauvaise compréhension des phénomènes et d'une mauvaise lecture de l'énoncé.

**Q8** - Cette question avec la suivante (**Q9**) étaient liées et indépendantes. Elles ont été très souvent traitées. L'objectif était de vérifier un critère de temps de levage du chariot qui ne doit pas rester en appui sur les rails pour ne pas déformer le bandage de roulement. Rares sont les candidats à avoir répondu complètement juste à cette question qui ne demandait que l'identification et la bonne modélisation cinématique de 3 transmetteurs usuels afin de déterminer une vitesse de sortie d'une chaîne de puissance à partir des données techniques et du paramètre cinématique d'entrée fournis.

**Q9** - Le jury rappelle à l'occasion de cette question que la valeur ou le nom du critère à vérifier doivent être explicitement indiqués pour un retour au cahier des charges correct.

**Étude de l'exigence 1.2 : « Garantir un déplacement du chariot à vitesse constante »**

**Q10** - Cette première question d'asservissement demandait aux candidats d'analyser un schéma-blocs et d'en déduire le modèle de 3 gains. En particulier, les candidats étaient invités à bien faire apparaître les unités et devaient maîtriser une condition « de bon fonctionnement ».

**Q11** - Cette question, destinée à préparer la question **Q12**, demandait de calculer 2 fonctions de transfert d'un asservissement, l'une vis-à-vis de la seule consigne et l'autre vis-à-vis de la seule perturbation. C'est dommage que certains candidats n'aient pas pris le temps de bien lire les définitions des grandeurs et se soient trompés de signe. Une question pratiquement toujours traitée avec beaucoup de réussite.

**Q12** - Une question bien traitée en général quand la question **Q11** l'avait été correctement.

**Q13** - Une question de cours : le cahier des charges impose un écart statique nul et un correcteur proportionnel n'est pas capable d'annuler un écart statique initialement non nul. Le jury a pénalisé les candidats qui ont multiplié les critères qui ne seraient pas (selon eux) vérifiés. En particulier, un correcteur proportionnel peut faire varier les marges de stabilité et la rapidité d'un système du second ordre. Cette question justifiait pourquoi le sujet changeait de correcteur par la suite.

**Q14** - Une question classique qui évaluait la capacité des candidats à déterminer une valeur limite du gain du correcteur proportionnel-Intégral à partir d'un diagramme de Bode de la FTBO afin de satisfaire les marges de stabilité. La méthode graphique était la plus efficace possible. Le jury trouve dommage que cette compétence classique n'ait pas été suffisamment bien maîtrisée.

**Q15** - Cette question très bien traitée, destinée à préparer la **Q16**, demandait d'identifier les paramètres caractéristiques d'un système du second ordre.

**Q16** - Une question bien traitée en général quand la question **Q15** l'avait été correctement. Attention toutefois, le jury rappelle que la valeur optimale (approchée) du coefficient d'amortissement pour que la réponse indicielle d'un système fondamental du second ordre soit le plus rapide est 0,69 (voire 0,7)

mais pas  $\sqrt{2}/2$  ! Bien évidemment le jury a naturellement accepté la valeur de  $\sqrt{2}/2$  pour la SEULE application numérique.

**Q17** - Une question bilan de la partie asservissement. Une réponse indicielle du système corrigé avec la bonne valeur du gain du proportionnel-Intégral était fournie. Le candidat était amené à déterminer le temps de réponse à 5% et de conclure. La conclusion n'était admise que si le candidat rappelait bien la valeur ou le nom de chacun des 3 critères à vérifier dans le cahier des charges.

**Etude de l'exigence 2 : « générer une houle unidirectionnelle régulière »**

**Q18** - Une question qui demandait de réaliser une fermeture géométrique, qui nécessitait de savoir projeter un vecteur dans une base et de connaître deux démarches classiques de l'ingénieur : l'élimination d'une inconnue et une linéarisation autour d'un point de fonctionnement.

**Q19** - Une question liée à la précédente qui demandait d'inverser et de dériver le résultat précédent. Le jury a valorisé la démarche tant que le résultat littéral était homogène et cohérent avec la question précédente.

**Q20** - Une question de cinématique de base pour la détermination de la vitesse ; il ne fallait pas se tromper de signe, ni de direction. Le candidat devait connaître la relation simple  $dF = p.dS$  et savoir que la force élémentaire est perpendiculaire à la surface d'appui en l'absence de frottement pour déterminer le vecteur force élémentaire. Le jury se désole de voir que certains candidats ne prennent pas assez de recul pour se rendre compte que la puissance galiléenne élémentaire recherchée (action de l'eau sur le batteur) est négative (perdue).

**Q21** - Le jury a mis l'accent sur la démarche : l'expression de la puissance galiléenne globale est l'intégrale sur la surface de la puissance galiléenne élémentaire. L'expression de la surface élémentaire était nécessaire et les bornes d'intégrations étaient à indiquer. Le jury se désole que certains candidats n'arrivent pas à réaliser une intégration simple.

**Q22** - Le candidat qui avait bien suivi le raisonnement de cette partie arrivait ici en ayant constaté précédemment que l'expression de la puissance galiléenne maximale dissipée par l'action de l'eau sur le batteur dépendait de 2 paramètres : l'amplitude du batteur et la pulsation du batteur. Cette question assez indépendante a été bien traitée. L'objectif était de déterminer le produit « hauteur de houle x fréquence de houle » le plus grand.

**Q23** - Dans cette question, on faisait l'hypothèse que les 2 grandeurs étudiées étaient reliées par une équation différentielle linéaire à coefficients constants. De fait, le candidat devait procéder en 2 étapes : d'abord, à une entrée sinusoïdale correspond une sortie sinusoïdale de même pulsation (sous les hypothèses – classiques – mentionnées) et déphasée. Ensuite la courbe de gain en décibel de la fonction de transfert reliant les 2 grandeurs permettait aux candidats de déterminer l'amplitude du batteur connaissant la pulsation d'excitation et la hauteur de houle désirées.

**Q24** - Première question d'un dernier triptyque permettant de s'assurer que le groupe hydraulique proposé était suffisamment dimensionné. Dans cette question, une méthode énergétique était demandée pour déterminer l'expression et la valeur de l'effort du vérin nécessaire.

**Q25** - Une question qui demandait au candidat de savoir interpréter un plan d'ensemble d'un vérin double effet à tige traversante et d'en proposer l'expression d'une surface utile. L'objectif était de déterminer la valeur maximale de l'effort du vérin en considérant que le vérin avait un rendement non unitaire. Un retour avec une conclusion sur ce résultat avec celui de la question précédente était attendu.

**Q26** - Une dernière question qui permettait de justifier que la puissance électrique du groupe hydraulique permettant de générer une houle la plus énergivore était suffisante. La prise en compte d'une puissance galiléenne maximale de dissipation (fournie) par l'action de l'eau sur le batteur, de rendements de divers composants du mécanisme et d'un coefficient de sécurité permettait d'aboutir à un résultat et de conclure.

Les questions **Q18** à **Q20** ainsi que la question **Q22** ont été assez bien traitées et abordées par de nombreux candidats.

Les autres questions de cette partie ont été par contre assez peu traitées. A noter cependant que les candidats qui auront traité les questions **Q24** et **Q26** s'en sont plutôt bien sorti.

## 5.5 Analyse détaillée du sujet en filière PSI

### Étude de l'exigence 1.1.1 : « Durée de l'essai »

**Q1** - Question classique d'étude d'une loi de vitesse en trapèze. Il faut veiller à répondre correctement à la question, en donnant les expressions littérales demandées. Le résultat seul ne suffit pas, et les applications numériques doivent être correctement effectuées.

**Q2** - Question souvent bien traitée, malgré une erreur de signe fréquente liée à une mauvaise analyse du paramétrage. Trop d'erreurs sur les calculs simples d'énergie cinétique.

**Q3** - Il était demandé un bilan de puissance nécessaire à l'application du Théorème de l'Energie Cinétique (**Q4**). Cette question a été extrêmement mal traitée. Il faut absolument identifier clairement le système étudié, et lister proprement les actions mécaniques intérieures et extérieures. Le roulement sans glissement a posé beaucoup de problèmes dans l'expression des puissances extérieures. Ce genre de question ne peut être traité correctement qu'avec rigueur.

**Q4** - Question mal traitée, du fait des problèmes rencontrés en **Q3**. Attention à bien donner le résultat sous la forme demandée dans l'énoncé.

**Q5** - Question destinée à préparer la **Q6**. Beaucoup d'erreurs ont été commises suite à un mauvais Bilan des Actions Mécaniques Extérieures s'exerçant sur la roue. Identifier un cas simple permet de s'affranchir de calculs inutilement compliqués.

**Q6** - Application du Théorème du Moment Dynamique à un solide unique. Cette question a été bien réussie quand la **Q5** l'a été également. Trop de réponses sont données sans se soucier de la forme demandée dans la question. C'est dommage de perdre des points pour cela alors que la méthode est bonne.

**Q7** - Cette question interrogeait le candidat sur sa capacité à choisir la méthode de résolution du problème posé. Choisir la bonne équation à écrire permet d'optimiser la résolution du problème. Cependant, même lorsque la méthode choisie était la bonne, les calculs menés pour déterminer le moment dynamique n'ont que trop rarement abouti.

**Q8** - Comme pour **Q7**, cette question évaluait plutôt la capacité du candidat à définir une démarche de résolution. Aucun calcul n'était demandé, mais on peut noter qu'une fois encore, le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures a été trop souvent négligé. Le jury souhaite mettre l'accent sur le fait qu'annoncer un Bilan des Actions Mécaniques Extérieures et un théorème sans avoir au préalable indiqué l'isolement n'a pas de sens ! Le jury a donc sanctionné les candidats qui n'auraient pas indiqué l'isolement.

**Q9** - Cette question permettait de relier les calculs menés de **Q5** à **Q8** à la problématique de la partie 1. En utilisant le modèle de Coulomb, visiblement mal maîtrisé par les candidats, il suffisait de relier le facteur de frottement aux actions mécaniques déterminées précédemment. Attention à ne pas oublier les valeurs absolues dans le calcul lorsqu'on établit le facteur de frottement nécessaire.

**Q10** - Les valeurs étant données, le candidat devait simplement prendre en considération la simplification du modèle (passage de 2 à 4 roues) et le coefficient de sécurité pour définir le facteur de frottement minimal à prendre en compte pour choisir le couple de matériaux en jeu. Une fois encore, trop de réponses ont été incomplètes ou incorrectes, du fait d'une mauvaise compréhension des phénomènes et d'une mauvaise lecture de l'énoncé.

**Étude de l'exigence 3 : « Acquérir les données » Q11** - Dans cette question, il n'était pas demandé de mener intégralement les calculs. Une analyse des mobilités permettait notamment de répondre à la question de manière rapide et efficace. Les candidats qui se sont lancés dans des calculs ont perdu beaucoup de temps. Quoi qu'il en soit, la démarche devait être expliquée, quelle que soit la méthode choisie. A noter que la réponse était immédiate quand on pensait à écrire directement les torseurs des liaisons sphère/plan en L et L' (la forme des torseurs se conserve en tout point de la normale au contact).

**Q12** - Mêmes remarques que pour **Q11**. Pour ce qui est de la conclusion, trop de candidats utilisent l'hyperstatisme comme réponse magique pour justifier le choix d'architecture, sans maîtriser les concepts utilisés. Il ne s'agissait ici que d'un choix fonctionnel.

**Q13** - Beaucoup d'erreurs dans l'inventaire des actions mécaniques extérieures, qui aboutissent à une mauvaise utilisation du Théorème de la Résultante Statique, alors qu'un simple Théorème du Moment Statique permettait de résoudre ce problème très facilement. Trop de candidats proposent une réponse sans recul, notamment en laissant de côté les problématiques de signe et leur interprétation physique.

**Q14** - Trop d'erreurs sur le calcul simple de volume. Là aussi, beaucoup de problèmes de signes qui aboutissent à des non-sens physiques.

**Q15** - Cette question a été plutôt réussie par les candidats, surtout sur l'analyse de l'intérêt du dispositif de contrepoids. En revanche, l'analyse de l'influence de la position du poids d'ancrage a souvent été mal menée, de nombreux candidats se contentant de répondre sans argumenter.

**Q16** - De nombreux résultats fantaisistes ont été proposés par les candidats pour cette étude de théorie des mécanismes, démontrant une fois encore que la notion d'hyperstatisme est mal maîtrisée. Il est important d'être rigoureux dans la méthode pour aboutir à un résultat correct. De nombreux candidats se sont par exemple trompés dans l'analyse des mobilités (les correcteurs ont parfois eu l'impression que les mobilités étaient une variable d'ajustement pour aboutir miraculeusement à un modèle isostatique). Dire simplement sans argumenter que le système est isostatique en guise de conclusion n'est pas suffisant.

**Q17** - Malgré les indices proposés par le sujet, peu de candidats ont pensé à appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique pour cette question, qui a finalement été peu abordée. Là encore, impossible de s'en sortir sans un Bilan des Actions Mécaniques Extérieures rigoureux.

**Q18** - Cette question a été bien traitée par les candidats qui ont bien traité **Q17**. Dans ce cas, cette question restait très abordable.

**Q19** - Trop de candidats se sont focalisés sur la démonstration (plus ou moins approximative) que le torseur proposé était un glisseur, alors que l'esprit de la question était d'étudier l'équilibre de la barre soumise à 2 glisseurs, pour en déterminer la droite support.

**Q20** - L'objectif de cette question était de préparer le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures pour la **Q21**. Elle a très peu été abordée par les candidats alors qu'elle était le simple prolongement de la question précédente. Le jury rappelle au candidat la nécessité d'écrire les torseurs avec rigueur (point, base, etc...).

**Q21** - Cette question, bien qu'assez calculatoire, ne présentait pas d'autre difficulté majeure. En effet, il suffisait d'isoler un seul solide et d'exprimer tous les torseurs au même point. Les calculs ont été dans l'ensemble plutôt bien menés lorsque cette partie du sujet a été traitée par les candidats.

**Q22** - Les expressions trouvées en **Q21** faisant apparaître la grandeur  $\lambda$ , il fallait proposer un dispositif permettant de connaître cette grandeur en temps réel. Le diagramme de définition de blocs en annexe 5 donnait la réponse. A défaut, toute solution technologique crédible et correctement définie a été acceptée par le jury.

### Étude de l'exigence 1.2 : « Garantir un déplacement du chariot à vitesse constante »

**Q23** - Cette première question d'asservissement demandait aux candidats d'analyser un schéma-blocs et d'en déduire le modèle de 3 gains. En particulier, les candidats étaient invités à bien faire apparaître les unités et devaient maîtriser une condition « de bon fonctionnement ».

**Q24** - Cette question, destinée à préparer la question **Q25**, demandait de calculer 2 fonctions de transfert d'un asservissement, l'une vis-à-vis de la seule consigne et l'autre vis-à-vis de la seule perturbation. C'est dommage que certains candidats n'aient pas pris le temps de bien lire les définitions des grandeurs et se soient trompés de signe. Une question pratiquement toujours traitée avec beaucoup de réussite.

**Q25** - Une question bien traitée en général quand la question **Q24** l'avait été correctement.

**Q26** - Question classique demandant de calculer l'erreur statique et l'erreur de trainage, en utilisant le théorème de la valeur finale. La FTBO étant de classe 1, il était possible de répondre sans calcul. Attention à la manipulation des inégalités dans la détermination de la condition limite sur C.

**Q27** - Une question classique qui évaluait la capacité des candidats à déterminer une valeur limite du gain du correcteur proportionnel-Intégral à partir d'un diagramme de Bode de la FTBO afin de satisfaire les marges de stabilité. La méthode graphique était la plus efficace, mais une résolution analytique était possible. Le jury trouve dommage que cette compétence classique n'ait pas été suffisamment bien maîtrisée.

**Q28** - Question bien traitée lorsque **Q26** et **Q27** l'ont été aussi. Dans le cas contraire, il était impossible de conclure correctement.

**Q29** - Question assez facile portant sur la manipulation de la fonction de transfert du correcteur ; abordée correctement par une grande majorité des candidats.

**Q30** - Mêmes remarques que pour la question **26**.

**Q31** - Le tracé demandé était relativement classique. Le jury a constaté beaucoup trop d'erreurs pour une question d'une difficulté très relative.

**Q31** - Cette question demandait au candidat de relever 3 valeurs caractéristiques sur les courbes, et d'en déduire si oui ou non l'exigence 1.2 était satisfaite. Les relevés sont la plupart du temps très approximatifs et l'analyse de la satisfaction du cahier des charges manque de rigueur. Il fallait passer en revue les 4 exigences et comparer les relevés aux valeurs seuil définies dans le cahier des charges. Il ne suffit pas d'affirmer sans preuve qu'une exigence est satisfaite !

**Q33** - Question classique destinée à mettre en évidence les limites d'un modèle linéaire. Beaucoup trop de candidats confondent courbes expérimentales et simulation.

## 5.6 Analyse générale des copies et conseils aux candidats

Les sujets proposés dans les filières (MP et PSI) ont permis aux candidats d'exprimer pleinement les connaissances et savoir-faire acquis au cours de leur formation en classe préparatoire. En général, quelle que soit la filière, les candidats qui ont le mieux réussi sont ceux qui :

- ont rendu une copie lisible tant sur le plan de l'expression, orthographe comprise, que sur le plan de la taille et de la qualité de l'écriture ;
- ont clairement identifié le champ disciplinaire auquel se rattache la question abordée et ont su mettre en œuvre les méthodes de résolution appréhendées au cours de leur formation ;
- ont répondu aux questions en indiquant clairement leurs hypothèses et leurs démarches bien avant de se lancer dans de longs, fastidieux (voire infructueux) développements analytiques ;
- ont su conclure, en cohérence, à partir de leurs propres résultats et des contraintes données par le cahier des charges.

De manière plus spécifique, nous voudrions revenir sur quelques points importants :

- nombre de questions abordées : les candidats doivent faire preuve de combativité durant l'épreuve, de trop nombreux candidats se découragent alors que le sujet proposait au fil du questionnement plusieurs problématiques abordables ;
- trop de candidats délaissent de larges parties du programme de Sciences Industrielles, ce qui a pour conséquence de rendre impossible l'étude de tout le sujet ;
- il est impératif de donner dans un premier temps les résultats sous leur forme littérale, même si le sujet ne le demande pas explicitement, cela permet notamment de vérifier l'homogénéité des résultats ;
- il faut systématiquement s'interroger sur les ordres de grandeur des applications numériques ; trop de candidats laissent sans commentaires des valeurs aberrantes ;
- les réponses doivent être justifiées, les réponses brutes n'ont pas été valorisées ;
- l'énoncé des théorèmes de mécanique doit être complet.

Le jury conseille aux futurs candidats de :

- pratiquer un apprentissage plus soutenu du cours de Sciences de l'Ingénieur. De nombreuses questions de cours ont été souvent mal traitées ;
- travailler les compétences d'« analyse » (diagrammes SysML, schéma cinématique et/ou graphes de liaisons, chaînes fonctionnelles, schéma-blocs, ...) et de « résolution », les méthodes et les démarches de résolution qui sont la base pour répondre à des problèmes d'ingénierie sur des systèmes complexes ;
- ne pas privilégier certains types de questions ou de parties du programme abordées à l'intérieur du sujet ;
- conclure chaque partie en faisant un retour systématique aux exigences du cahier des charges en nommant précisément les exigences visées et/ou les valeurs attendues ;
- faire l'effort d'approfondir sa culture technologique durant les 2 années de préparation aux concours.



## 6 Français

### 6.1 Présentation du sujet

Cette année, les étudiants se présentant à l'épreuve de Français-Philosophie ont été confrontés à un passage tiré d'un propos du philosophe Alain :

*« Il faudrait n'être pas triste ; il faudrait espérer ; on ne donne aux gens que l'espoir que l'on a. Il faudrait compter sur la nature, voir l'avenir en beau, et croire que la vie triomphera. C'est plus facile qu'on ne croit, parce que c'est naturel. Tout vivant croit que la vie triomphera, sans cela il mourrait tout de suite. Cette force de vie vous fera bientôt oublier le pauvre homme ; eh bien, c'est cette force de vie qu'il faudrait lui donner. Réellement, il faudrait n'avoir point trop pitié de lui. Non pas être dur et insensible. Mais faire voir une amitié joyeuse. »*

Alain, *Propos sur le bonheur*, Gallimard, 1928, Propos LVIII, « De la pitié », 5 octobre 1909.

Vous direz dans quelle mesure cette citation éclaire votre lecture des œuvres inscrites cette année à votre programme : Les Contemplations (Livres IV et V), Le Gai Savoir (Préface et Livre IV) et La Supplication.

### 6.2 Remarques préliminaires

#### 6.2.1 Remarques sur l'auteur de la citation

##### Remarques générales sur la philosophie d'Alain

Émile Chartier (1868-1951), dit « Alain » (il signait de ce prénom ses articles et ses textes), journaliste-philosophe, a déployé une pensée résolument optimiste. Non seulement, selon Alain, tout est une question de volonté, mais c'est elle qui est positivement « contagieuse ». Quiconque « veut » vivre, non seulement agit, mais mobilise les énergies des autres. L'optimisme est pour lui une question de volonté, et non pas de tempérament (ou de passion) : « *Le pessimisme est d'humeur ; l'optimisme est de volonté* », écrit-il notamment (*Propos sur le bonheur*, propos XCIII « Il faut jurer »).

Alain est par là convaincu que ce qui peut agir efficacement sur autrui, c'est autrui ! A la fin du propos LXVIII « Optimisme », Alain explique qu'on peut certes agir sur la nature via les progrès scientifiques et techniques, mais que c'est surtout dans le domaine humain qu'on fait la pluie et le beau temps. On peut faire des miracles si l'on croit en l'autre ou au contraire le décourager si l'on désespère de lui : « *Je fais la pluie et le beau temps ; en moi d'abord ; autour de moi aussi, dans le monde des hommes. Car le désespoir, et l'espoir aussi, vont de l'un à l'autre, plus vite que ne changent les nuages. Si j'ai confiance, il est honnête ; si je l'accuse d'avance, il me vole* ».

D'autre part, la pitié a toujours été vue par Alain comme communiquant à l'autre le désespoir. La pitié est le signe que nous plaçons l'autre dans une situation défavorable. Il ne faut pas « *mimer la maladie* », dit souvent Alain (par exemple dans le propos VII « Crainte et maladie »). Il ne faut pas non plus trop laisser parler et écouter quelqu'un se plaindre, au risque qu'il se justifie et aggrave son cas. Il faudrait être comme un médecin qui n'écoute pas son malade : « *Les bons médecins sont ceux au contraire qui vous demandent selon l'usage : « Comment allez-vous ? » et qui n'écoutent pas la réponse* » (Idem). Or, pour Alain, le christianisme nous a habitués à pratiquer cette pitié humiliante et désespérante.

C'est donc le « *bonheur* », la bonne humeur, la joie de vivre qu'il nous faut transmettre aux autres. On ne peut donner que le bonheur que l'on a. Aussi est-ce, pour Alain, un devoir d'être heureux !

Opposées à la volonté, Alain critique les passions qui sont des émotions de l'âme que l'on subit (cf. l'étymologie grecque « *pathos* ») et qui pèsent sur notre être et sur toute notre vie. La pensée ne



saurait lutter contre les passions car plus on pense, et plus on est prisonnier de nos passions ; à l'instar notamment d'un pianiste pris par le trac avant d'entrer sur scène et qui l'est d'autant plus qu'il ne cesse d'y penser. Ce dernier sera libéré de sa peur quand il commencera à jouer (cf. propos XVII « Gymnastique » : « *Ce n'est point la pensée qui nous délivre des passions, mais c'est plutôt l'action qui nous délivre* »).

La citation du sujet de notre session de concours 2021 fait parfaitement écho à la pensée d'Alain. Et cette pensée s'inscrit sans difficulté dans la perspective de cette « force de vivre » qui donnait au programme sa cohérence. Comment ne pas voir, en effet, que la question posée est celle des canaux, des moyens à mobiliser pour maintenir, transmettre, reconstituer « la force de vivre » lorsqu'elle fait défaut ?

### Remarques sur l'intégralité du propos dont le sujet est extrait

Le sujet a été extrait d'un propos dont le titre et thème général est « la pitié ». Le voici dans son intégralité (la citation constituant le sujet est en caractères gras) :

Il y a une bonté qui assombrit la vie, une bonté qui est tristesse, que l'on appelle communément pitié, et qui est un des fléaux humains. Il faut voir comment une femme sensible parle à un homme amaigri et qui passe pour tuberculeux. Le regard mouillé, le son de la voix, les choses que l'on dit, tout condamne clairement ce pauvre homme. Mais il ne s'irrite point ; il supporte la pitié d'autrui comme il supporte sa maladie. Ce fut toujours ainsi. Chacun vient lui verser encore un peu de tristesse ; chacun vient lui chanter le même refrain : « Cela me crève le cœur, de vous voir dans un état pareil ».

Il y a des gens un peu plus raisonnables, et qui retiennent mieux leurs paroles. Ce sont alors des discours toniques : « Ayez bon courage ; le beau temps vous remettra sur pied ». Mais l'air ne va guère avec les paroles. C'est toujours une plainte à faire pleurer. Quand ce ne serait qu'une nuance, le malade la saisira bien ; un regard surpris lui en dira bien plus que toutes les paroles. Comment donc faire ? Voici. ***Il faudrait n'être pas triste ; il faudrait espérer ; on ne donne aux gens que l'espoir que l'on a. Il faudrait compter sur la nature, voir l'avenir en beau, et croire que la vie triomphera. C'est plus facile qu'on ne croit, parce que c'est naturel. Tout vivant croit que la vie triomphera, sans cela il mourrait tout de suite. Cette force de vie vous fera bientôt oublier le pauvre homme ; eh bien, c'est cette force de vie qu'il faudrait lui donner. Réellement, il faudrait n'avoir point trop pitié de lui. Non pas être dur et insensible. Mais faire voir une amitié joyeuse. Nul n'aime inspirer la pitié ; et si un malade voit qu'il n'éteint pas la joie d'un homme bon, le voilà soulevé et réconforté. La confiance est un élixir merveilleux.***

Nous sommes empoisonnés de religion. Nous sommes habitués à voir des curés qui sont à guetter la faiblesse et la souffrance humaines, afin d'achever les mourants d'un coup de sermon qui fera réfléchir les autres. Je hais cette éloquence de croque-mort. Il faut prêcher sur la vie, non sur la mort ; répandre l'espoir, non la crainte ; et cultiver en commun la joie, vrai trésor humain. C'est le secret des grands sages, et ce sera la lumière de demain. Les passions sont tristes. La haine est triste. La joie tuera les passions et la haine. Mais commençons par nous dire que la tristesse n'est jamais noble, ni belle, ni utile.

Dans le premier paragraphe du passage, Alain explique que la pitié est un type de bonté ; mais une bonté qui assombrit la vie. Avoir pitié de quelqu'un, c'est lui confirmer son état, valider son mal-être ou sa maladie. Cela consiste à « *lui verser encore un peu de tristesse* ». *La pitié se manifeste d'abord par le corps (« Le regard mouillé, le son de la voix... »).*

Dans le second paragraphe, Alain nous avertit qu'il y a des gens qui tentent de redonner le moral au malade... mais si leurs paroles sont d'encouragement, leur visage et leur corps, eux, souvent les trahissent. L'air ne va alors pas avec les paroles : ils ont en fait pitié de celui à qui ils tentent de redonner confiance. Leur comportement est sans effets.

Dans le troisième paragraphe qui représente la quasi-totalité du propos est notre citation. Alain explique ici qu'au lieu d'essayer de transmettre à l'autre une pitié humiliante et décourageante, il faudrait lui donner l'espérance. Nous devons croire que la vie triomphera et le convaincre de cela. C'est cette « *force de vie* » (l'expression, qui est le thème au programme cette année, apparaît deux fois dans ce passage) qu'il faut lui donner. Personne n'aime inspirer la pitié. Seule la confiance, donnée totalement, peut faire des miracles.

Enfin, pour clore ce propos dont la citation est issue, Alain précise que ces miracles ne sauraient être ceux mis en avant par la religion. Le propos d'Alain s'achève sur une critique de la religion chrétienne, qui a façonné nos consciences. Cette dernière prêche sur la souffrance et la crainte. Elle n'aide pas à vivre. Alain parle de « *sermons de croque-mort* ». La belle espérance n'est pas donnée par les « curés ». Elle est un don d'homme à homme. Seule la joie en soi et communiquée à l'autre « *tuera* » les passions tristes.

## 6.2.2 Analyse de la citation du sujet

Le sujet proposé cette année aux candidats avait, comme les années précédentes, le mérite de leur rappeler d'emblée en quoi consiste l'exercice de la dissertation : loin de se cantonner à la restitution d'éléments de cours ou à une simple illustration du contenu énoncé dans la citation, loin également de se cantonner à la mise en œuvre de schémas stéréotypés qui obligeraient par exemple à réfuter dans un second temps ce qui été initialement dit, la dissertation est avant tout la mise en mouvement d'une pensée qui cherche véritablement à élucider un problème et à donner du sens aux mots et aux concepts présents dans l'énoncé d'un sujet dont il convient d'avoir effectué une lecture complète et détaillée, et ce d'autant plus que la citation proposée cette année était assez longue et dense, et par là exigeante.

Alain y affirme plusieurs choses. Afin de réaliser une véritable dissertation, qui confronte la pensée d'Alain avec les trois œuvres au programme, il s'agissait de bien distinguer ces affirmations qui deviendront, dans le corps du devoir, autant de sujets d'analyses et de développements.

Que dit donc notre sujet ? Que dit la citation ? Après deux ou trois lectures attentives, on peut y déceler quatre affirmations.

- Alain récuse la pitié comme solution pour consoler le « malheureux », celui sur qui le sort s'abat. La pitié, en « validant » en quelque sorte l'état malheureux de l'autre, ne fait que lui confirmer qu'il a de bonnes raisons d'être triste :  
« *Il faudrait n'être pas triste* » / « *Réellement, il faudrait n'avoir pas trop pitié de lui* ».
- Au lieu de manifester de la pitié, Alain nous dit qu'il faudrait, au contraire, espérer. C'est l'espoir qui fait vivre – espoir ici immédiatement assimilé à la « force de vie » :  
« *Il faudrait « espérer » / « croire que la vie triomphera » / « c'est cette force de vie qu'il faudrait lui donner » (sans « être dur et insensible »).*
- D'autre part, Alain nous dit aussi que croire est facile. L'espoir est le mouvement naturel de la vie. Vivre, c'est espérer. Quiconque n'espère plus est comme mort :  
« *Il faudrait compter sur la nature* » / « *c'est plus facile qu'on ne croit* » / « *parce que c'est naturel* » / « *tout vivant croit que la vie triomphera, sans cela il mourrait tout de suite* ».
- Enfin, toute la citation nous apprend que ce sont donc les autres, et les autres seulement, qui peuvent nous donner cette « force de vie » :  
« *On ne donne aux gens que l'espoir que l'on a* ». *On a donc d'espoir que donné par d'autres que nous. Ce sont eux qui sont les premiers acteurs de notre foi en la vie* : « *C'est cette force de vie qu'il faudra lui donner* » / « *Mais faire voir une amitié joyeuse* ».

Notons qu'il y a, au cœur de ce propos, deux affirmations qui peuvent paraître contradictoires : croire en la vie est tout à la fois « naturel », « facile », nous dit Alain ; et en même temps donné par autrui.

Or, s'il est si aisé de croire en la vie, pourquoi avons-nous donc à ce point besoin des autres ? En quoi les autres sont-ils indispensables pour croire en la vie s'il est si naturel d'y croire ? Il y a là une tension au cœur même du propos. Alain ne nous donne pas les moyens de la dépasser.

Il y a donc, dans ce passage, une nette opposition entre avoir pitié et espoir. Alain nous invite à espérer plutôt qu'à éprouver de la pitié. Les quatre affirmations contenues dans notre sujet peuvent se ramener à trois principales :

- Au lieu de manifester de la pitié, nous devons semer de l'espérance ;
- L'espoir est un élan « naturel », inscrit dans le mouvement même de la vie ;
- Autrui joue un rôle essentiel dans la transmission de cette force de vie.

La dissertation, qui est destinée à confronter le contenu d'une citation avec les grandes leçons des œuvres, doit donc ici s'emparer de ces trois grandes affirmations pour les discuter.

De l'analyse du sujet, trois grandes questions se dégagent logiquement dans la perspective de la problématisation.

### 6.2.3 Problématisation

Trois grandes questions se dégagent de l'analyse du sujet.

- Nos œuvres nous invitent-elles à espérer plutôt qu'à manifester de la pitié ?
- Les œuvres affirment-elles qu'il est facile de croire en la vie ?
- Les œuvres montrent-elles qu'autrui joue un rôle décisif dans la force de vivre ? Est-ce lui surtout qui nous la donne ?

## 6.3 Commentaires généraux sur les copies et rappels méthodologiques

### 6.3.1 L'introduction

#### Consignes méthodologiques

L'introduction est un moment très important du devoir. C'est elle qui donne sens et raison d'être à tout le développement. Elle a pour rôle de faire la jonction entre le sujet (la citation) et les œuvres. Elle montre que le résultat de cette confrontation, loin d'être inscrit à l'avance, nécessite trois heures de réflexion effective. Il s'agissait ici de montrer en quoi le propos d'Alain (constitué, on l'a vu, de trois grandes affirmations) fait ou non écho aux œuvres inscrites cette année au programme. Avant de faire des constats sur les copies que les membres du jury ont lues, on rappellera quelques points de méthode.

En début d'introduction, une amorce est bienvenue pour éviter de poser directement le sujet sans l'amener habilement. Elle doit donc être évidemment liée (si possible explicitement) à la citation qui constitue votre sujet. Ici, on pouvait se référer par exemple à l'importance de la pitié pour la doxa, voire pour certains auteurs comme Rousseau. Il était également possible de se référer à la « pulsion » de vie inscrite dans tout vivant et qui le pousse à persévérer dans son être (en se référant par exemple à Spinoza ou Schopenhauer).

La **citation** qui est le cœur du sujet doit être correctement insérée après l'amorce et non placée en tête de copie puis oubliée. Il convient donc de la recopier entièrement (trop de candidats en écrivent seulement les premiers mots suivis de points de suspension) et le nom de son auteur doit être mentionné. Puisque la citation donnée cette année au concours est assez longue, il était permis aux candidats de n'en citer que les extraits les plus significatifs. A condition que ces principales affirmations soient bel et bien restituées.

Le jury s'est étonné de trouver cette année, dans un nombre assez significatif de copies, le nom d'Alain Gallimard. S'il n'est pas courant qu'un penseur se soit fait appeler toute sa vie par un surnom (ici « Alain », de son vrai nom Émile Chartier), le jury n'aurait pas indiqué en bas de la citation son prénom, cité ensuite l'œuvre *Propos sur le bonheur*, puis mentionner son nom (!). D'autant que « Gallimard » n'est pas la moins connue des maisons d'édition. . .

La citation fera ensuite l'objet d'une **analyse** approfondie, en définissant les termes, en analysant la syntaxe, la formulation, et en dégagant les enjeux. Il s'agissait ici d'insister sur cet appel d'Alain à transmettre l'espoir, et non la pitié, à croire en la vie et à voir l'avenir en beau. Il prône même une « amitié » joyeuse, seul don véritable que l'on peut faire à celui sur qui le malheur s'abat. Tout candidat doit s'efforcer de reformuler la citation, restituer ses idées forces, afin de mieux y être fidèle tout au long du devoir et de montrer au correcteur qu'elle est comprise. Cette analyse de la citation doit moins être l'occasion d'une étude extrêmement longue (parfois déployée sur plusieurs pages) des propos de l'auteur qu'une explication de la cohérence et de la dynamique de sa pensée, afin d'en comprendre la singularité et d'en faire surgir les enjeux, qui mèneront tout naturellement à l'énoncé de la problématique.

Après l'analyse, vient la **problématique** complète qui doit être formulée clairement et gagne même à être reformulée par le candidat, reformulation lui permettant de confirmer qu'il a vraiment compris ce sur quoi porte précisément le sujet. Il ne s'agit pas de faire se succéder quatre ou cinq questions en s'éloignant de plus en plus de l'essentiel, jusqu'à parvenir à un thème vague, mais au contraire de circonscrire avec précision le sujet. La problématique doit soulever un problème, non être la reprise sous forme interrogative des données de la citation. Parfois, elle s'est malheureusement transformée en une question plus thématique, au demeurant intéressante, mais qui déplaçait le problème en empêchant d'en situer l'enjeu exact. Ici, par exemple, si l'on voulait reprendre les trois grandes affirmations contenues dans le sujet, de bonnes problématiques auraient été par exemple :

*La seule chose que l'on puisse donner à quelqu'un qui est dans le malheur, n'est-ce pas de lui transmettre l'espoir que l'on a naturellement ?*

*L'espoir transmis à celui qui souffre, sentiment inné menant à un partage de gaieté, est-il plus efficace que la compassion pour lui redonner confiance en l'avenir ? Faut-il substituer l'espoir à la pitié pour augmenter la force de vivre de celui qui souffre ?*

*L'espoir, en tant que sentiment naturel et communicatif, peut-il nous permettre d'avoir une vision optimiste de l'avenir et prendre ainsi la place de la pitié qui, elle, décourage les malheureux et les empêche de retrouver la force de vivre ?*

Vient enfin le moment d'annoncer **les titres et les auteurs** des œuvres sur lesquelles porte la dissertation (il est inutile et peu stratégique du point de vue de la gestion du temps de « présenter » chaque œuvre dans l'introduction : en rappeler les titres et les auteurs suffit), puis **le plan** qui sera suivi dans le développement. Attention : l'annonce d'un plan vague et interchangeable (valable indifféremment pour tout sujet) n'est d'aucune utilité. Ainsi, le candidat qui propose le plan suivant : « *Dans un premier temps, nous étudierons en quoi les œuvres au programme pourraient nous laisser penser que c'est effectivement le cas puis en quoi cette assertion est fausse* » ne donne aucune preuve à son correcteur qu'il a compris le sujet.

Une introduction claire et rigoureuse, en un seul paragraphe (la fragmentation de l'introduction en plusieurs paragraphes ne favorise pas la cohérence du propos), dont les cinq étapes sont liées l'une à l'autre de façon logique et qui cerne le sujet sans en dévier, met votre correcteur dans de bonnes dispositions pour amorcer la lecture de votre développement.

### Remarques sur les introductions des copies

En général, aussi longue qu'elle fût, l'introduction était très vite oubliée et laissée de côté par le candidat. Tout se passe comme si l'analyse du sujet était un exercice imposé, une entrée en matière incontournable à laquelle il fallait sacrifier, avant d'aborder le vrai propos, le vif du sujet, apparemment sorti de corrigés et de cours. Ce décrochage n'est pas nouveau, mais particulièrement prononcé cette

année, peut-être parce que le sujet permettait un certain nombre de développements déjà traités au cours de l'année (considérations sur la nature, l'espoir, la souffrance, voire évidemment la force de vivre). Or, l'analyse de la citation en introduction est une propédeutique permettant de poser la problématique, et non un pensum précédant l'essentiel. L'introduction est essentielle ! De très nombreux candidats ont perçu dans l'analyse l'opposition entre l'espoir (menant à la joie) et la pitié (menant à la tristesse) qui est au cœur du sujet, mais sitôt l'analyse achevée, ils vont y substituer une problématique très vague sur la force de vivre en général (permettant de tout traiter ou presque, sans se limiter au sujet, celui-ci n'étant pris que très ponctuellement en compte). Or, le cœur de l'introduction, de l'amorce à l'annonce du plan, c'est la citation elle-même !

Cette année, les correcteurs ont lu trop de longues introductions qui ont gagné en quantité ce qu'elles ont souvent perdu en qualité. Une introduction très longue n'est pas nécessairement bonne (elle l'est de fait rarement) ! Le jury a lu des introductions constituant un tiers du devoir, voire la moitié, s'étalant sur plus de trois pages, voire quatre... La quasi-totalité des introductions des copies ont été plus longues qu'une partie entière. Ce genre d'introduction, qui se perd en digressions inutiles, perd de vue l'essentiel de la citation. Lorsque le sujet est long, il convient de cibler ce qui est le plus marquant, et non de se perdre dans des points de détail qui n'apportent rien. Prendre du recul est le meilleur conseil qu'on puisse donner aux candidats.

Chaque année, le jury constate que certains candidats font une excellente introduction qu'ils oublient ensuite (ne tenant que peu compte des termes exacts de la citation) ; ou alors, dès l'introduction, ils « tirent » la citation vers un autre sujet auquel ils ont été mieux préparés, et se croient autorisés à dévier d'emblée vers un cours ou une dissertation menée durant l'année qu'il suffirait de réciter. Ces candidats présentent souvent une réflexion intéressante, mais dont les axes principaux portant sur les bienfaits de la nature ou l'importance de la souffrance ou de la résilience sont très éloignés des termes mêmes d'Alain. Rappelons ici qu'un sujet est unique. Si la réutilisation de raisonnements appris durant la préparation est évidemment possible et souhaitable, il faut adapter toutes les démonstrations à la citation proposée pour ne pas manquer le sujet proposé par le jury. Ce n'est pas le candidat qui choisit son sujet !

Attention également à ne pas déployer une sorte de commentaire fouillé de la citation. Il ne s'agit pas de disserter sur le sujet, mais de le restituer clairement. Le but n'est pas de commenter le propos d'Alain, certes intéressant en soi, mais de le présenter afin de le confronter aux œuvres.

Dans certaines copies, la médiocrité ou le caractère abscons des questions posées dans l'introduction ont révélé la difficulté pour certains candidats d'énoncer ce que la thèse d'Alain bouscule, ce qu'il s'agit ainsi de penser. Peu perçoivent qu'il se demande comment la gaieté de l'ami distant pourrait supplanter la tristesse chez l'individu malheureux, comment un affect négatif pourrait se trouver dépassé par une joie communicative. Or beaucoup de copies laissent penser que cette proposition est une lubie, voire une folie d'un esprit dérangé... On attend certes une discussion de la proposition d'Alain, mais pour le réfuter, encore faut-il accepter de suivre un temps son point de vue, ce qu'exige justement l'exercice de la dissertation. C'est donc plutôt dans l'énoncé d'un doute, d'une difficulté, que résidait la possibilité d'un débat : le conditionnel « il faudrait » révélait en effet que cet idéal était susceptible de rencontrer des obstacles. Il est bon d'« épouser » en esprit la citation avant d'en révéler les limites. Prendre d'abord très au sérieux un sujet, quel qu'il soit et quelle que soit l'épreuve, est la meilleure des choses à faire.

Certaines introductions ont eu tendance à définir longuement la force de vivre (alors que le thème inscrit au programme est supposé connu) et à oublier de s'interroger sur les concepts présents dans le sujet (ici : espoir, pitié et joie, voire amitié). Il s'agit de replacer la définition des termes importants au centre de l'introduction afin de pouvoir problématiser correctement. Une bonne problématique pour ce sujet devait inclure l'ensemble des notions mises en question, sans opérer de choix (le choix menant à ne traiter que l'espoir, que la pitié, que la joie, que la nature - avec tous les contresens qui ont été

associés à cette partie du sujet -, ou ces notions successivement sans trouver une question globale). C'est toute la difficulté, et l'intérêt, d'un sujet plus « long », à ne surtout pas transformer en plusieurs petits sujets !

Cette année encore, et à sa plus grande joie, le jury a pu cependant lire, non seulement des introductions bien faites, respectant parfaitement les consignes méthodologiques, mais aussi des introductions fines et rigoureuses, s'emparant avec entrain du sujet, posant des questions pertinentes et une problématique claire. Que ces candidats en soient ici félicités et chaleureusement remerciés. Certaines amorces étaient particulièrement bienvenues. Par exemple, certains candidats commencent leur introduction en se référant au statut de la pitié chez Rousseau : « selon Rousseau, la pitié est un sentiment nécessaire qui élève l'homme ». D'autres amorcent leur réflexion par le concept de « résilience » chez un psychiatre comme Cyrulnik (en rappelant l'importance d'autrui dans le processus de résilience : « être à l'écoute de la victime sans pour autant l'enfermer dans le souvenir de l'expérience vécue »). Rappelons malgré tout que la résilience n'est pas équivalente à la force morale qui nous permet d'endurer l'épreuve, mais renvoie à la capacité de reprendre sa « forme initiale » après une expérience traumatisante. Quelques élèves ont pris appui, de façon pertinente, sur Agnès Varda. On a lu dans une copie : « Dans son film « Sans toit ni loi » Agnès Varda narre, à travers une série de témoignages, le parcours tumultueux de Simone, vivant de vagabondages divers et percevant comme entrave à sa liberté tout acte miséricordieux à son égard ». Ou encore une bonne amorce sur le tableau de Léon Bonnat : la représentation de Job à genou, accablé par le malheur, qui lève les yeux au ciel et inspire la pitié au spectateur. Si l'on n'a pas de citation en tête, on peut introduire simplement le thème en distinguant par exemple pitié, compassion et empathie. Un candidat prend ainsi le soin de rappeler l'étymologie grecque de la « *sympathie* » (« *sun-pathein* » : souffrir avec). Un autre relie la pitié à la morale chrétienne. Toutes ces initiatives ont été bienvenues et récompensées dans la note finale. Une bonne amorce, pertinente et en lien avec le sujet, est donc chose possible !

### 6.3.2 Le développement

#### Rappels méthodologiques

Le développement comporte idéalement trois grandes parties (si un plan en deux grandes parties est possible, il parvient rarement à proposer un tour complet de la question, en dépassant l'aporie liée au débat entre la thèse et l'antithèse), elles-mêmes divisées en deux ou trois sous-parties. Ces parties et sous-parties doivent être visibles dès le premier coup d'œil de votre correcteur. Il est donc très important de présenter correctement votre copie (alinéa au début de chaque paragraphe notamment). On doit distinguer clairement l'introduction, les grandes parties et les deux ou trois paragraphes composant chacune d'entre elles, la conclusion. Les sauts de lignes sont nécessaires entre l'introduction et le début de la première grande partie, entre les grandes parties, et entre la fin de la dernière grande partie et le début de la conclusion. Il ne faut pas faire de saut de ligne entre les paragraphes d'une même partie (l'alinéa suffit à les distinguer). Attention : aller à la ligne à chaque exemple donne l'impression que vous commencez un nouveau paragraphe et donc que vous ne confrontez pas les trois auteurs dans chaque paragraphe, ce qui est sanctionné.

En effet, trop de candidats semblent encore ignorer qu'ils doivent rédiger une dissertation dans laquelle il s'agit de confronter *autant que possible* les trois auteurs dans chaque paragraphe. Évidemment, une copie qui exclut (ou presque) une des trois œuvres d'une grande partie (a fortiori du devoir complet) sera d'emblée considérée comme extrêmement insuffisante, quel que soit son intérêt par ailleurs. Et s'il peut arriver que seuls deux des auteurs correspondent à l'argument proposé dans une sous-partie, cela doit rester exceptionnel. Dans l'idéal (vers lequel vous devez tendre), chaque paragraphe comporte donc trois exemples, tirés de chacune des œuvres au programme, et ces exemples comportent un point commun qui vous autorise à les placer dans la même sous-partie (ce point commun constituant

l'argument). À ce titre, l'emploi du connecteur « de plus » entre les exemples semble fort maladroit, suggérant l'ajout d'une nouvelle idée là où on aimerait trouver une idée sinon parfaitement identique, du moins ressemblante, sans effacer les nuances qui s'imposent pour éviter les amalgames.

Les exemples doivent être suffisamment développés et correctement référencés. Nombre de candidats avaient appris des citations intéressantes qu'ils ont utilisées correctement, en les analysant (il est en effet rare qu'une citation se suffise à elle-même). Mais certaines copies ressemblent à des répertoires appris par cœur, sans qu'on ait pris la peine de les comprendre ni de les contextualiser. Pendant l'épreuve, il semble alors s'agir, pour certains candidats, de placer à tout prix leurs citations, quand bien même ces dernières ne s'intégreraient pas dans le raisonnement ou ne nourriraient pas ce dernier. Songez qu'on ne peut se contenter d'apprendre des citations de façon systématique, sans chercher par ailleurs à s'approprier les œuvres pour parvenir à les mobiliser judicieusement. Notons que les « exemples » pris dans les œuvres ne sauraient être flous. On ne peut se contenter, pour citer Nietzsche, de dire qu'il a guéri, ou pour faire référence à *La Supplication* d'écrire que les « Tchernobylis » ont beaucoup souffert ... et qu'Hugo s'est réfugié à Jersey pour faire le deuil de la mort de sa fille. Une référence digne de ce nom constitue un renvoi clair à un aphorisme de Nietzsche, voire une citation, idéalement accompagnée de son numéro ou de son titre ; à un vers d'un poème clairement identifié d'Hugo ; et à un témoignage ciblé (avec idéalement son auteur, voire le titre du monologue) de l'œuvre d'Alexievitch.

Le développement permet, en trois parties, de répondre à la problématique : dans le respect de leur singularité, l'enjeu de la dissertation est de savoir si, oui ou non, les œuvres confirment pour l'essentiel la citation proposée. Il s'agit donc de ne jamais oublier la citation ! Le dialogue nécessite deux choses : la citation d'un côté et les œuvres de l'autre ! Oublier l'un au profit de l'autre (voire pire : oublier les deux...), c'est se condamner, non au dialogue, mais au silence. La dissertation est un dialogue vivant et qui évolue vers une ultime réponse qui constitue la troisième partie et qui s'incarne dans la conclusion. Or qui dit dialogue dit, au fil du développement, reprise des termes du sujet, que le candidat peut même mettre entre guillemets, pour montrer que la construction de son raisonnement s'appuie bien sur les termes de la citation proposée. Cette année encore, le jury déplore que les candidats, une fois leur introduction rédigée, ne citent souvent plus jamais le nom même d'Alain, ou alors seulement en conclusion.

Pour la clarté du devoir, il est important de soigner les bilans à la fin de chaque partie et les transitions (de la partie I à la partie II et de la partie II à la partie III). Il est préférable d'annoncer, au début d'une partie ou d'une sous-partie, le contenu des questions qui vont être discutées. Trop de copies proposent une coulée de texte indigeste, sans retour à la ligne ni indication claire d'idée directrice, et semblent écrites au fil de la plume, perdant très vite de vue le plan annoncé, ou s'y raccrochant au hasard des mots, parfois en n'hésitant pas à forcer les exemples, voire à aboutir à une idée contraire à celle annoncée. Il serait bon de démontrer chaque axe du plan par des idées différentes, elles-mêmes mises en lumière par les œuvres.

Il ne s'agit évidemment pas de déterminer un cadre imposé, mais il y a quand même peu de chances qu'en quatre maigres pages on puisse venir à bout d'une longue citation et convoquer suffisamment d'exemples des œuvres pour bâtir un raisonnement conséquent. De fait, les candidats ayant fait le choix de la brièveté ont fait aussi l'économie de l'analyse du sujet ou bien des exemples, ou encore ont évité toute complexité. Aussi la norme est-elle plutôt celle des deux feuilles doubles – même s'il est possible de réussir en écrivant moins, ou en dépassant ce format.

Il faut rappeler aussi que le recours aux sous-parties permet de clarifier le raisonnement et de rendre le propos rigoureux. En revanche, quelques rares copies choisissent de ne développer que deux grandes parties, mais elles prouvent que ce n'est pas interdit et qu'elles peuvent également obtenir ainsi des résultats corrects, voire de bonnes notes.

### Principales erreurs commises

Les correcteurs ont constaté, dans nombre de copies, des erreurs dues à une méconnaissance des règles méthodologiques, mais aussi une connaissance très superficielle des œuvres, parfois malheureusement un mélange des deux. Nous détaillons ci-dessous les principales fautes ou lacunes rencontrées.

L'analyse de la citation a posé quelques difficultés à certains candidats n'ayant pas bien interprété l'antéposition de l'adjectif dans l'expression « pauvre homme ». Celui-ci est devenu un homme pauvre, nécessaire, sans le sou. Rappelons que le malheureux est l'homme sur qui le malheur s'abat, quelle que soit par ailleurs la nature des épreuves qu'il endure.

Par ailleurs, l'espoir, dans le propos d'Alain, n'a pas été pris dans son sens véritable. Alain affirme qu'espérer est « facile » car l'espoir est « naturel ». Sans espoir, la vie est impossible. Aussi l'espoir est-il inhérent ou immanent à la vie. Si l'on vit, si l'on continue de vivre, c'est qu'on espère encore et malgré tout. « Naturel » veut donc dire ici « inscrit » dans le fait même de vivre. Or, certains candidats ont cru reconnaître là un thème qu'ils ont travaillé en cours d'année et qui était en effet présent dans nos œuvres : à savoir que la « nature » (au sens du monde extérieur à l'homme, de la faune et de la flore) peut faire renaître l'espoir en l'homme ou est souvent à l'image de sa vie intérieure. Certes, ces réflexions n'étaient pas sans aucun rapport avec l'affirmation d'Alain, selon laquelle il est naturel d'espérer. Pour autant, Alain ne parle pas de la nature en ce sens dans cet extrait, ni des fleurs ni de Jersey ni des poules et des chats. . . Nombre de développements sur la place de la nature dans les trois œuvres étaient donc en décalage avec les termes exacts de la citation. De même, la pitié a été parfois reformulée malencontreusement à l'aide du terme « douleur », et le raisonnement prend alors très vite de nettes distances avec le propos d'Alain, la dissertation traitant de la place de la douleur dans la vie, de son caractère indépassable, voire nécessaire.

Cette année, l'ensemble des correcteurs ont heureusement constaté que peu de copies ont été radicalement et totalement hors-sujet. La plupart des étudiants ont perçu au moins un, voire deux des enjeux du sujet. Mais trop de copies ont soit dévié de l'essentiel soit traité partiellement le sujet. Rares sont ceux qui ont su explorer la totalité des axes d'étude de la citation. Les développements portaient souvent soit sur la question de l'espoir, soit sur la notion de pitié. Peu d'élèves ont tenté de s'attaquer à l'ensemble de la citation et d'en extraire les notions essentielles pour alimenter leur argumentation. Les expressions « amitié joyeuse » ou « voir l'avenir en beau » ont ainsi souvent été délaissées. Elles auraient pu pourtant donner lieu à des développements intéressants et fournir des occasions de confrontation avec les œuvres.

Dans certaines copies, un seul concept est préservé et tout le plan s'organise autour de lui (l'espoir, ou la pitié), la plupart du temps thématiquement : des termes sont effectivement prélevés dans les phrases d'Alain, mais pour devenir les entrées des parties, sans conduire le moindre raisonnement (ex. : 1. *La tristesse*, 2. *La nature*, 3. *L'amour*. . . ou encore 1. *La force de vivre comme combat*. 2. *Comme bonheur*. 3. *Comme liberté*) Ce dernier cas est sans doute la cause d'un défaut moins voyant, mais là encore susceptible d'empêcher de concevoir le plan adéquat : il est en effet arrivé que ce type d'enquête donne à la tristesse la première partie, corrigée ensuite en l'espoir, qui se mue dans la troisième partie en désespoir. Presque plus rien alors n'est retenu de ce que proposait Alain. On a pu aussi trouver des plans qui, faute de comprendre Alain et en retenant seulement des thèmes, pouvaient purement et simplement l'écartier du débat : 1. *La tristesse est irrémédiable* 2. *Mais la pitié la réduit*. 3. *Il faut accepter les moments douloureux*.

C'est le thème de la pitié qui a souvent été parfaitement abandonné, alors que c'est une réflexion qui détermine absolument la bonne compréhension du propos d'Alain – et, d'ailleurs, les œuvres du programme peuvent être lues comme son illustration et son dépassement : Nietzsche formule explicitement une condamnation des « compatissants » et dit sa préférence pour la « co-réjouissance » ; Hugo donne l'exemple de celui qui se trompe en croyant pouvoir prendre en pitié un « malheureux » ; Alexievitch, enfin, prend le risque de composer une œuvre qui invite à prendre en pitié les malheureux, mais donne justement la voix à des gens qui ont, envers et contre tout, gardé leur force de vivre qui n'a



nul besoin de la pitié des lecteurs n'ayant pas connu la même catastrophe – certaines copies citent à juste titre les passages dans lesquels les interviewés doutent du projet d'Alexievitch. Il semble insuffisant de ne parler de compassion que dans l'introduction, et il était dommageable d'écarter totalement ce postulat sans lequel Alain n'attaquerait pas à ce point la « tristesse ».

Autre solution, assez largement répandue : l'abandon pur et simple du sujet, dont l'analyse semble réservée à l'introduction. On a même vu une copie citer en accroche un autre auteur, et développer ensuite manifestement cette citation plutôt que celle de l'épreuve : manière de souligner qu'on a appris par cœur un sujet traité pendant l'année, mais aussi de démontrer qu'on ne daignera faire l'effort d'adapter un tant soit peu le propos à la nouvelle proposition. Version alternative de cette manière de détourner le sujet : le concept d'« espoir » est donné comme synonyme de « force de vivre », ce qui mue le propos en exposé général sur le thème de l'année – on se doute que cela ne va guère permettre de contrôler la qualité de la lecture du sujet, ou la convocation des meilleurs exemples. On a trouvé des plans ainsi articulés : 1. *La force de vivre*. 2. *... affaiblie par les malheurs*. 3. *Mais c'est dans la douleur que la vraie force de vivre réside*. Ou encore : 1. *L'espoir alimente la force de vivre* / 2. *Mais il peut mener à l'illusion* / 3. *Il n'est bénéfique que s'il est utilisé comme « levier d'action »*. Il y a certes là la compréhension du sens du programme, mais un oubli presque complet du sujet.

Cette année encore, le jury de l'écrit déplore que les œuvres aient été trop souvent sous exploitées et trop peu citées et mobilisées. Trop de copies négligent les exemples ou s'appuient sur des formules toutes faites, générales et imprécises. Quelques copies citent des exemples hors-programme, en disant parfois malgré tout, à cette occasion, des choses pertinentes. Comme on l'a rappelé plus haut, l'exercice de la dissertation demande une confrontation permanente des œuvres. Dans de trop nombreuses copies, un auteur disparaît complètement d'une partie.

Les œuvres inscrites au programme cette année exigeaient sans doute un traitement plus soigné que d'habitude : les aphorismes de Nietzsche, tout en formant un tout cohérent, ont chacun leur singularité ; les poèmes de Victor Hugo ont été écrits dans un temps (même parfois imaginaire) précis ; et les témoignages recueillis dans *La Supplication* font chacun entendre une voix par définition singulière. Il était pour le moins indélicat de mentionner l'œuvre de Nietzsche ou d'Hugo ou d'Alexievitch « en général », comme un tout unifié et sans autre forme de procès.

Les meilleures copies ont su, au contraire, respecter la singularité des œuvres. Elles sont parvenues, avec beaucoup d'intelligence et de délicatesse, à rendre compte du sens d'un aphorisme, d'un vers d'un poème, d'un témoignage. Certains candidats ont même su rappeler brièvement le contexte de telle ou telle voix de témoin de *La Supplication*.

Nous remercions et félicitons les candidats qui ont fait l'effort de proposer un développement pertinent, prenant en permanence appui sur la citation et sur des exemples et arguments précis tirés des œuvres. Ils montrent à tous ceux qui les suivront que l'exercice de la dissertation, pour être exigeant, n'est pourtant pas irréalisable.

### 6.3.3 La conclusion

#### Rappels méthodologiques

La conclusion doit permettre, après avoir dressé un bilan de la démonstration, de répondre à la problématique dégagée en introduction. Il ne s'agit pas de trouver une solution intermédiaire, qui aurait pour visée de satisfaire tout le monde. Le mieux est de rappeler brièvement le chemin parcouru, de résumer les bilans des trois parties et d'insister sur la réponse ultime au problème.

Une ouverture est ensuite la bienvenue. Peu d'étudiants se plient à cette exigence, et lorsqu'ils le font, l'ouverture est parfois maladroite. Pour que l'ouverture ait un sens, il faut que son lien avec le sujet soit manifeste. Ici, par exemple, on pouvait à loisir faire l'hypothèse d'une sorte de pitié « joyeuse »,

attentive aux besoins d'autrui. Ou bien réinterroger la notion même d'espoir et l'exigence de voir « l'avenir en beau ». Ou bien encore penser d'une manière neuve l'amitié. Une citation ou la pensée d'un autre auteur peut alors être mise à contribution.

Le candidat peut aussi choisir de formuler une problématique qui prolongerait la réflexion, mais attention alors à ne pas proposer un point qui aurait dû être étudié dans le devoir lui-même, parfois même la problématique initialement attendue, ce qui révèle davantage encore l'oubli du sujet.

#### **Remarques sur les conclusions des copies**

Les conclusions sont souvent beaucoup trop courtes (entre 5 et 10 lignes maximum, parfois moins), ce qui engendre un déséquilibre fâcheux par rapport à des introductions beaucoup plus longues. Ces conclusions proposent à peine une répétition (presque à l'identique) des principaux arguments, souvent sur le mode de l'autosatisfaction (« nous avons bien montré »). On trouve rarement une réponse à la question posée dans le sujet, encore moins à la problématique. Le dernier paragraphe n'est donc jamais une conclusion présentant une prise de position claire sur le sujet. Quant à l'ouverture, elle est souvent absente. Et si elle est présente, elle peut se contenter de renvoyer au sujet lui-même et annuler ainsi tout le devoir.

Ces défauts étant liés à la précipitation qui préside à la rédaction de ce passage du devoir, on conseillera aux candidats de veiller à mieux répartir leur temps pour éviter que la conclusion ne soit réduite à la portion congrue ou rédigée de façon illisible ou sous la forme d'un « fourre-tout », où le candidat, à l'issue d'un travail qui le laisse visiblement insatisfait, déverse toutes les citations qu'il n'a pu exploiter préalablement. Répondre à la problématique doit rester l'objectif majeur de cette dernière étape.

D'excellentes copies ont proposé de très bonnes conclusions, qui ne se contentaient pas d'être de rapides bilans. Les très bonnes dissertations lues par le jury et récompensées par une excellente note (parfois 20) ont pu donc relever de la perfection, et ce de A à Z, de l'introduction à la conclusion.

#### **6.3.4 Remarques sur la présentation, l'orthographe et l'expression**

**ECRITURE, LISIBILITÉ** : Certains candidats ont manifestement peu de souci de pouvoir être lus. Trop de copies sont apparues difficilement lisibles, voire illisibles sur des aspects essentiels de la démonstration au point que l'on serait enclin à penser, du moins pour certaines, que la négligence en écriture voulait cacher une confusion dans le raisonnement. Certains candidats écrivent toutes les lignes, ne font jamais d'alinéas et proposent un énorme bloc peu digeste, qui ne met pas en valeur les étapes du raisonnement. C'est d'autant plus regrettable que les arguments sont parfois flous, et rien n'indique alors au correcteur qu'on passe à un nouveau temps de la pensée.

**PONCTUATION** : Au fil des années, on constate que la virgule remplace de plus en plus souvent le point. Parfois c'est le vide là où il faudrait un point. Trop souvent, les interrogatives indirectes sont ponctuées d'un point d'interrogation. Certaines copies ignorent l'usage de la majuscule après un point.

**ORTHOGRAPHE** : La majuscule est aussi d'usage pour les prénoms, les noms, les noms propres, il n'est pas inutile de le rappeler. Les désinences verbales se distinguent des nominales : on lit pourtant : « les hommes célèbres la vie » ; « ceux qui nous entourent »... On s'étonne aussi de rencontrer des fautes sur des mots très courants. Ainsi on lit : « les annimeaux » ; ce que Dieu nous donne, il nous « l'hôte » ; une réaction « active » ; « temps » qu'il y aura de la vie ; faire la « guère ». On attribuera une mention spéciale à « la recrue-d'essence » qui laisse perplexe. On pourrait allonger la liste.

On attend aussi de candidats postulant à un tel concours qu'ils sachent orthographier les noms des auteurs et qu'ils connaissent les titres des œuvres... (beaucoup d'erreurs sur l'orthographe de Nietzsche et Alexievitch, beaucoup de : Les Supplications). Il faudra que les candidats l'année prochaine prêtent une attention particulière aux titres des contes, et aux noms africains (attendus pour montrer que vous vous êtes intéressés au détail) dans l'œuvre de Soyinka.

La définition des mots les plus simples peut manifester de graves mécompréhensions. Par exemple, une définition de l'amitié comme : « nivellement des pauvres à nous-mêmes ». Ou encore, la dénomination

de ceux qui ont pitié : les « pitoyables » ou les « piteux ».

**EXPRESSION** : Les approximations, qui se rencontrent en de nombreuses copies, traduisent — hélas ! — un déficit de lecture. Rendant la compréhension difficile, elles fatiguent prématurément celui qui corrige. Mais aussi, et c'est plus gênant, elles obscurcissent parfois suffisamment l'esprit pour rendre difficile le choix d'une note.

Certaines inventions sont pittoresques : « la stoïstique » ; « exerguer » ; être « amicable » ; une attitude « vaincante » ; la « mythaphisque » ; mener une vie « triquée » ; « dilucider » ; une « témoinne » ; le potentiel « vigorant » ; « improvisoire » ; « innécessaire » ; « l'accordance » ; « le surmontage d'une épreuve » ; « l'antipothypose » ; « la cognotation » ; « l'insufflation » ; « l'expurgation des passions » ; « sérénitude » ; « sombreté » ; « triompheuse » ; « sublimification »... L'oreille ne saurait remplacer l'œil, qui permet la lecture. Ainsi, on aurait pu éviter probablement : « crosso modo », de même que le savant « Bichart » ou encore un certain « Auguste Vicompte ». Voilà qui priverait presque de son relief : « il a souffrit » ; « nous mourririons » ; « manipuler la pitié avec précaution »... Il faut rappeler que tous les registres de langue n'ont pas droit à l'élection dans une dissertation : ainsi on trouvera un synonyme dans le registre soutenu à « une balade » ou à l'expression « ne pas gaver les autres » ; « encaisser »...

**SYNTAXE** : On rappellera que « malgré que » est sorti de l'usage depuis un temps certain, que « bien que » est toujours employé mais suivi obligatoirement du subjonctif, à la différence de « après que » suivi de l'indicatif, que « se rappeler » est suivi d'un COD.

Les relatives sont parfois fort malmenées. Ainsi par exemple : « une ressource dont tout vivant en possède (sic) ».

Les copies sans inadvertance orthographique ou syntaxique ont malheureusement été rares, ce qui les a mises d'emblée à part. Une heureuse rigueur dans la graphie est souvent accompagnée d'une rigueur dans la lecture du sujet et dans l'agencement des références. Le jury récompense et félicite les élèves qui ont présenté cette année des copies propres, bien écrites et pertinentes, agréables à lire et donnant à penser. Celles qui, en particulier, ont atteint une note comprise entre 15 et 20, ont pu manifester une forme d'excellence dans le fond comme dans la forme.

## 6.4 Conseils aux candidats, bilan et perspectives

On peut d'abord conseiller aux candidats, a fortiori dans le cas d'une longue citation, de ne pas céder à la tentation de réduire la thèse à la première phrase ou à la dimension la plus évidente, mais d'essayer d'en comprendre la cohérence globale, la mécanique interne, de manière à ne pas construire le devoir sur une contradiction un peu absurde, une casuistique qui ne fait pas vraiment sens. Il peut certes sembler difficile aux élèves de penser la problématique à partir des paradoxes révélés par le sujet et de leurs implications, mais c'est la seule manière de produire une pensée cohérente, et de proposer une vraie troisième partie, qui ne se contente ni d'un mixte mou des deux premières, ni d'une idée nouvelle, complètement détachée de ce qui vient d'être montré, et du sujet souvent.

Sur le plan de la structure de la pensée, il faut veiller à ce que le propos s'organise de façon méthodique : le plus judicieux est de partir de la pensée de l'auteur en commençant par envisager sa signification, sa portée, ses enjeux. C'est seulement quand ce travail inaugural a été mené à son terme que le candidat peut, et doit, envisager un dépassement.

L'année de préparation, à travers les cours et les lectures, permet à chacun de s'engager personnellement dans l'analyse des œuvres : un savoir de seconde main ne saurait se substituer à la pensée personnelle. Il en serait même la dénaturation. C'est en travaillant régulièrement, et directement, le cœur même des œuvres au cours de l'année, que le candidat pourra confronter sa pensée à d'autres, la mettre en perspective et ainsi en tirer la substantifique moelle. Au-delà de l'analyse des œuvres, le travail de

dissertation interroge la capacité des candidats à penser le monde dans lequel ils vivent, à s'interroger sur les raisons qui président à l'existence de telle structure, de telle notion, de telle organisation ou système de pensée. Le thème de l'année est l'occasion de réfléchir aussi à l'historicité, à la relativité et à la complexité de valeurs ou de sentiments qui ne sauraient aller de soi.

Terminons en rappelant, pour nous en féliciter, que le jury a lu peu de copies vraiment indigentes et très courtes, dans lesquelles le travail n'avait manifestement pas du tout été pris au sérieux. La maîtrise de l'expression sur l'ensemble des copies demeure très variable, on l'a dit, mais on atteint parfois (trop rarement cependant !) une rédaction vraiment fluide, voire agréable, comme en témoignent les bonnes notes qu'il est possible d'obtenir. Il faut se garder plus que jamais des erreurs syntaxiques, des expressions familières, de toute tendance à l'oralité dans la rédaction. De nombreux candidats se sont montrés conscients des enjeux de l'exercice et ont travaillé honnêtement tout au long de l'année, ce qui leur a permis de se confronter efficacement aux difficultés soulevées par le propos d'Alain soumis cette année à l'examen.

L'épreuve de « français-philosophie », est exigeante et demande une préparation tout au long de l'année, grâce à des lectures et relectures des œuvres qui doivent aboutir à leur excellente connaissance, fruit d'un entraînement régulier permis par la pratique d'exercices et l'enseignement du professeur. On ne saurait trop recommander aux futurs candidats la rigueur et la régularité dans leurs efforts, car si beaucoup de candidats font montre d'un grand sérieux et réussissent ainsi, malgré des maladrotes dans la compréhension du sujet, dans la méthode dissertative ou dans l'expression, beaucoup d'autres en revanche révèlent des insuffisances, des lacunes, des erreurs de toutes sortes qui ne sont guère admissibles au niveau du concours. Les candidats sont nombreux, et la concurrence rude : philosophie et littérature requièrent autant de rigueur et de savoir, de sens de la réflexion et de la démonstration, que les sciences dites exactes – et l'on attend logiquement d'un futur élève de grande école scientifique qu'il soit capable de les développer en français et de mettre à profit de façon argumentée des connaissances qui lui ont été délivrées pour parfaire sa culture d'« honnête homme » ou d'« honnête femme » !

Les candidats seront amenés pour l'année 2021-2022 à interroger à nouveaux frais un thème passionnant et qui ne saurait laisser personne indifférent : l'enfance ! Ils auront pour cela à analyser des œuvres très différentes entre elles : une œuvre philosophique qui se fonde sur une sorte de fiction (Rousseau « invente » Émile pour qui il conçoit la meilleure éducation possible) ; une œuvre autobiographique empreinte d'une cadre culturel et religieux différent du nôtre, et un recueil de 38 contes souvent différents les uns des autres et qu'il faudra savoir, sans les trahir, interpréter. Aidés et éclairés par leurs cours, les futurs candidats devront faire résonner les œuvres entre elles sans pour autant aplanir leur singularité et veiller à les utiliser sans faire de contresens. C'est dans la confrontation personnelle à ces trois textes que le futur candidat trouvera la possibilité d'établir des liens entre les trois auteurs, et comprendre la logique du parallélisme exigée par l'exercice de la dissertation. Dans cette optique, il n'est pas inutile de constituer au cours des lectures et des études menées, des « trios » permettant d'anticiper sur les points de convergence entre trois œuvres qui n'ont a priori presque rien à voir entre elles. Ainsi, un travail régulier sur le programme, accompagné de la rédaction de plusieurs dissertations et de l'analyse de sujets divers au cours de l'année, doit permettre aux étudiants, aidés par leur professeur, de mener une réflexion autonome sur les œuvres et de réussir notre épreuve. Ce succès constituera un appui incontestable pour la réussite aux concours que nous leur souhaitons.

### 6.5 Traitement du sujet : exemple de dissertation rédigée

Un exemple complet de dissertation est présenté dans l'[annexe](#).



## 7 Langues Vivantes

### 7.1 Allemand

#### 7.1.1 Modalités de l'épreuve

Le format de l'épreuve reste inchangé et est identique à celui de l'anglais LV1 (voir rubrique « Anglais »).

#### 7.1.2 Remarques générales

Le nombre de candidats germanistes est à peu près stable cette année. Le jury d'allemand a eu le plaisir de corriger majoritairement de bonnes, voire de très bonnes copies ; il souhaiterait encourager cette année encore tous les germanistes à oser faire de leur allemand un atout pour ce concours très exigeant en rappelant qu'un candidat qui a préparé sérieusement l'épreuve, maîtrisant bien les modalités des trois exercices proposés et rendant une copie complète doit pouvoir s'octroyer une note plus qu'honorable. Voici donc quelques conseils et propositions qui seront sans doute une aide à la préparation.

#### 7.1.3 Expression Écrite

- Le texte de référence cette année était un article d'opinion tiré de *Zeit online* dans lequel le chroniqueur Josef Joffe faisait la critique de l'introduction systématique des outils numériques à l'école. L'article contenait donc des arguments pour le numérique, mais aussi – et surtout – des arguments de réfutation. Or la question 1 portait sur les avantages seulement évoqués par l'auteur (pour mieux être réfutés ensuite). Or la plupart des candidats s'est contenté de redonner les arguments pour et contre le numérique contenus dans le texte. A l'avenir deux écueils de méthode sont à éviter : d'une part, il n'est pas attendu que les candidats se contentent de résumer ou de faire la synthèse des arguments du texte dans son ensemble (comme on peut l'attendre d'une prestation à l'oral par exemple) ; d'autre part nul besoin d'introduire le thème général de l'article par une phrase comme : « In diesem Artikel aus ZeitOnline steht die Digitalisierung im Kern der Debatte ». Répondez directement à la question posée, et à elle seule, sans en poser une nouvelle, en trouvant les arguments dans le texte qui répondent à la question. Le jury a été indulgent à partir du moment où la réponse était structurée et où les avantages (*Vorteile*) étaient évoqués. Un conseil donc : lisez en tout premier la question, avant de lire le texte lui-même, de façon à avoir une lecture ciblée. Dans la réponse, l'emploi du subjonctif I ou discours indirect a été un véritable bonus !
- Une lecture précise de ce qui est demandé vaut également pour l'essai : ainsi, celui-ci portait sur « l'école de l'avenir / Schule der Zukunft » et non pas seulement sur le numérique à l'école (pour ou contre...) ! Nul besoin ici non plus de poser une nouvelle question, souvent restrictive. Parfois, la question de l'avenir n'était évoquée qu'en tout dernier lieu... Les essais les mieux notés ont été toutefois ceux qui proposaient une bonne accroche, ainsi qu'une bonne structure des idées. Un mot de conclusion est également aussi le bienvenu. Le jury a eu plaisir à lire de bons et de très bons essais, et en a même appris sur la bonne image des enseignants en ces temps de pandémie et de cours en distanciel : « Die Pandemie hat doch gezeigt, dass die Lehrer von zu Hause hervorragend unterrichten können » (sic). L'approfondissement des idées à l'aide d'exemples pertinents a été particulièrement valorisé : *La Fabrique du Crétin digital* de Michel Desmurget, *The Limits to growth*, le film *Die Welle*, *Montessori/Waldorf/SteveJobs - Schulen*, *PISA-Studie*, la référence à des philosophes tels que Kierkegaard ou bien Freud sur les limites du recours à la technique dans l'éducation, *Fridays for Future*, la comparaison du système scolaire avec celui de l'Europe du Nord et celui de la Suède notamment, et enfin le rôle « politique »

de l'école qui se doit de former aussi des citoyens ouverts sur le monde étaient autant de bons appuis à la réflexion.

- Pour améliorer la forme : travaillez les noms de pays souvent malmenés (Kalifornien – Schottland – Schweden), évitez les barbarismes de verbes francisés (adaptieren → an/passen ; anpassungsfähig / adoptieren → an/nehmen) ainsi que les anglicismes (spenden → verbringen ; « auf » trop similaire au « of » anglais, employé pour « von » ou génitif complément du nom) et le mot « Problem » trop passe-partout !

En résumé, travaillez bien régulièrement les trois types d'exercice qui requièrent chacun des compétences différentes. Vous pouvez aussi vous aider des ouvrages suivants :

- *Chamäleon*. La grammaire allemande sur le bout de la langue – Knörzer, Heidi, Hähnel-Mesnard, Carola, 2009.
- *Na, Also !* Zoom sur les points essentiels de la grammaire allemande – Legros, Waltraud, Ellipses 2012.

#### 7.1.4 Thème

Le **texte à traduire** cette année était tiré d'un des derniers romans de Pierre Lemaître : *Couleurs de l'incendie*, paru en 2018. Une petite accroche donnait quelques indications sur la situation. Le texte était d'une longueur normale (130 mots) mais comportait quelques difficultés lexicales pour lesquelles les candidats devaient faire appel à leur maîtrise globale de la langue. Souvent, de bonnes formulations ont vu le jour comme pour « Du nerf... du style », « pingrerie maladive », « replia ses lunettes », « entrer dans le journalisme » etc., l'important pour le jury n'étant pas la traduction du mot précis, mais un ensemble cohérent et juste du point de vue de la syntaxe et de la grammaire. Cette année, la différence entre les candidats bien entraînés à cet exercice spécifique de la traduction et ceux qui ne l'étaient pas ou peu s'est fait particulièrement sentir. Il faut rappeler ici que le candidat a tout intérêt, le jour du concours, à commencer par la traduction et à ne pas hésiter, malgré les difficultés rencontrées, à traduire tout le texte, pour s'assurer un nombre de points suffisant.

Un **conseil de relecture** (rapide, mais très utile) vaut pour le thème comme pour les exercices d'expression écrite. Si la majeure partie des copies montre une assez bonne maîtrise de la syntaxe, de l'ordre des mots dans la phrase et de la ponctuation, en revanche, deux domaines ont particulièrement été particulièrement mis à mal dans les copies, tout comme les années précédentes : le **prétérit** ainsi que le **participe II** des **verbes** ! En outre, les verbes de position et de positionnement ne sont pas toujours bien utilisés : *legen/liegen* notamment...

hieb / hobte / erhöhbte / erhebe	hob (heben, hob, gehoben)
liegte	legen (legte)
staht	stellen (stellte)
zieh	ziehen (zog, gezogen) = tirer
schautet	schauen (schaute, geschaut)
wust / wieß / weißt / weißtet	wissen (wusste, gewusst)
fundete	finden (fandØ, gefunden)
nimmte	nehmen (nahm, genommen)
kommte	kommen (kam, gekommen)
genohmen / genahm / genehmt	genommen
gekannte	bekannt
verschwundet	verschwunden
gekommt	gekommen
eingetrotten / eingetritten	eingetreten (treten – tritt, getreten)
gestiegt	gestiegen (steigen – stieg, gestiegen)

Et voici ce que l'on pourrait trouver sous les plumes des préparateurs, même non bilingues :

- Er sah ihn an / Er blickte (vom Bürotisch) auf / Er richtete seinen Blick auf ihn, / Er hob die Augen / Er schaute hoch/nach oben. Er stellte/legte seine Brille wieder hin [...] Er war/fühlte sich sehr verlegen / Es war ihm unheimlich/peinlich zumute / Er fühlte sich unwohl / Er war in der Bredouille (excellent !!!) Er genierte sich / Darauf war er nicht gefasst.
- Ihr Text/Artikel ist besser, mein Lieber... Viel/echt besser ! Viel Kraft, einen guten Stil/ein besonderes Gepräge... Freilich/Offen gesagt/Nun/ hätte ich ihn ja gerne genommen/akzeptiert, aber... André war niedergeschlagen/niedergeschmettert/fertiggemacht/am Ende/abgeknallt / Es war für André eine Katastrophe/katastrophal. Guilloteaux – aber Andre wusste davon nichts / Andre wusste es aber noch nicht – war sehr bekannt/berühmt dafür, dass er wahnsinnig geizig/knauserig/sparsam war, so geizig (knauserig/sparsam) wie keiner/kein anderer. /..., dass er außerordentlich geizig war. / Was Andre noch nicht wusste, war, dass Guilloteaux außerordentlich geizig war, bis zur Besessenheit.
- Nun habe ich aber jemanden anderen eingestellt/angestellt/beschäftigt ! / Tatsache ist, dass... . Mich müssen Sie doch verstehen, mein Lieber, Sie waren ja verschwunden und ich brauchte (unbedingt) einen (Zeitungs)artikel ! Den ich nun bezahlen muss... Und so/folglich...  
Er legte/stellte / faltete seine Brille wieder hin / zusammen und reichte Andre sein Blatt Papier/seinen Text zurück. Die Lage/Die Dinge (Pl.) war(en) / sah(en) klar (und deutlich) (aus) / So/Nun war es soweit / Es war nun entschieden.
- Den Text/Artikel schenke/gebe ich wohl der „Soir de Paris“ / Ich gebe es wohl dem Soir de Paris erklärte/sagte/rief André (aus). Sie dürfen ihn veröffentlichen/ publizieren, er gehört Ihnen. Der Chefredakteur/Pressechef nahm den Vorschlag fair/fair-play an / stimmte fair zu / willigte fair ein / war einverstanden...
- Wenn schon, denn schon. / Schön dann. / Da bin ich einverstanden / So gefällt's mir. Und so stieg Andre Delcourt in die journalistische Branche ein. / Somit wurde Andre Delcourt gerade Journalist.

Bonne continuation ... *und Viel Erfolg !*

## 7.2 Anglais

### 7.2.1 Modalités de l'épreuve

Le format de l'épreuve reste inchangé par rapport aux années antérieures, permettant aux candidats de bénéficier de l'expérience de leurs prédécesseurs par une lecture attentive des rapports de jury des sessions précédentes, lecture essentielle pour tout préparateur.

L'épreuve se compose donc de trois exercices à réaliser en 1h30, sans que soit prescrite une quelconque durée de composition pour chacun des exercices. Les questions en appellent à différentes compétences attendues des futurs ingénieurs :

- Le thème (sur 8 points). Cet exercice de traduction (d'un texte littéraire ou journalistique) évalue la capacité des candidats à bien comprendre le texte-source en français pour ensuite produire un texte-cible en anglais. Le jury peut ainsi évaluer les connaissances lexicales, syntaxiques et grammaticales des candidats dans la langue-cible.
- La question de compréhension (sur 4 points). À partir de la lecture d'un texte journalistique portant sur un sujet d'actualité de l'année universitaire en cours, les candidats doivent répondre à une question de compréhension portant sur un aspect du texte. En s'efforçant de limiter leur propos à 80 mots (avec une tolérance de plus ou moins 10%), les candidats doivent non seulement opérer une sélection des informations les plus pertinentes pour répondre à la question, mais

également les reformuler dans un anglais correct. C'est ainsi que les correcteurs peuvent s'assurer de la bonne compréhension des éléments textuels repérés. Le but recherché est la restitution d'un maximum d'informations pertinentes et de leur enchaînement logique dans le cadre de l'argumentaire développé dans le texte-source.

- La question d'expression personnelle ou 'essay' (sur 8 points). Pour cette dernière question, le texte proposé n'est qu'un prétexte à une réflexion plus large sur les enjeux qu'il fait valoir. Il ne s'agit plus à ce stade de revenir au contenu informationnel du texte, mais bien de mener une réflexion personnelle, un tant soit peu organisée, argumentée et reposant sur des exemples choisis judicieusement, le tout dans le cadre du sujet d'essay' proposé. Il va sans dire que le sujet doit être soigneusement analysé pour éviter les scories. L'essay' doit comporter 180 mots (avec une tolérance de plus ou moins 10%) et commencera par une petite introduction qui peut être une phrase de contextualisation mettant au jour l'actualité de la question, suivie d'une courte problématisation (mais sans aller jusqu'à annoncer un plan). Ces étapes préalables ont pour but de poser le cadre d'un propos argumenté, d'une démonstration dynamique et toujours étayée par des exemples personnels et approfondis. La simple reprise de l'argumentaire du texte est fortement déconseillée.

### 7.2.2 Remarques générales

Au risque de se répéter, le jury souhaite insister sur des aspects formels déjà soulignés maintes fois, mais pourtant encore trop souvent négligés. Nombre de copies sont extrêmement difficiles à déchiffrer : certaines sont rédigées avec une encre trop pâle, ou émaillées de ratures, quand ce n'est pas l'écriture même qui est tout simplement illisible. Le jury n'est pas Champollion. En outre, lorsqu'une partie de la note dépend de la capacité à rédiger dans une langue étrangère, il est indispensable d'apporter la certitude que l'on sait conjuguer correctement un verbe irrégulier, et donc un O ne doit pas se confondre avec un A, ni un E, ni un U. De même le jury ne doit pas être tenu de deviner s'il y a bien un S à la troisième personne du singulier, ou à l'inverse subodorer que l'on n'en a pas ajouté un aux adjectifs. Le doute sur ce genre de questions ne profite pas aux candidats. Cette année peu de copies étaient incomplètes, mais il y a eu des cas de réponses trop courtes, sans que le nombre de mots soit forcément comptabilisé. À signaler également des phrases oubliées en thème ; or, il faut rappeler que tout segment manquant entraîne l'application d'un nombre forfaitaire de pénalités.

### 7.2.3 Thème

L'extrait à traduire ne présentait pas de grandes difficultés lexicales, au point qu'il a pu sembler facile. Signalons quand même qu'« exaspéré » a souvent été traduit par '*exhausted*', '*disappointed*' et que la notion de colère est passée à la trappe. Il y a eu aussi des fautes d'orthographe nombreuses sur '*disappeared*', '*happened*' qui est devenu '*hapend*' ou '*append*', '*aunts*' qui a donné '*ants*' ou encore '*haunts*'. À noter la méconnaissance de certains mots relativement courants : '*Jews*' (et non '*Juishs*', '*Juden*', '*Jewels*') et il ne fallait pas oublier la majuscule. '*Basket*' a souvent été remplacé par '*bucket*', '*reproach*' par '*criticism*', voire même '*critic*', et « brutalement » s'est retrouvé traduit par '*hardly*'. Sans grande originalité, les fautes de grammaire récurrentes ont porté sur les génitifs : emploi abusif du S dans '*group's photos*', '*a brain's tumor*', '*a four persons' family*', ou omission dans '*your father childhood*'. Par ailleurs, '*who's*' a souvent remplacé '*whose*'. Plus surprenantes ont été les fautes commises sur l'expression de l'âge, point sur lequel insistent pourtant les enseignants, mais qui est loin d'être acquis. On a trouvé '*she had five years old*' par exemple. Il faut revenir également sur la présentation des dialogues : la moitié des candidats utilise encore des tirets, ou ne place pas correctement les guillemets (simples ou doubles), alors que les rapports signalent régulièrement que ces erreurs sont pénalisées. Il ne faut pas ajouter de verbes d'énonciation ('*she said*', '*she added*', '*she asked*', ...) si le texte-source n'en contient pas, d'autant que quelques ajouts ont donné lieu à des contresens. Et de manière surprenante, certaines très bonnes copies ont par moments procédé à des réécritures, des interprétations de segments,



allant jusqu'à bousculer complètement la syntaxe, et jusqu'à dénaturer le texte. Le traducteur ne doit pas se prendre pour un artiste écrivain. Mais le point sur lequel le jury ne saurait trop insister, c'est la maîtrise des conjugaisons et du groupe verbal en général. Ne pas faire de fautes dans ce domaine, c'est la quasi-garantie d'une bonne note. Sans s'étendre sur les copies dans lesquelles tous les verbes étaient au présent, on constate que certains candidats n'ont pas bien repéré la différence entre le temps de la conversation, où est évoquée la relation père/fille, et le temps des souvenirs (le passé du père, la disparition des grands-parents). Avant de traduire, il faut s'assurer que l'on situe correctement dans le temps les différents événements évoqués dans le texte. D'autres passent trop vite sur un segment et omettent une modalité : « n'avaient jamais pu prendre » n'est pas la même chose que « n'avaient jamais pris ».

#### 7.2.4 Question de compréhension

La plupart des candidats ont compris ce qu'on attend d'eux, mais pour d'autres quelques rappels de méthode feront gagner en efficacité. Quand on est limité à 80 mots, il faut être rapide et efficace, se débarrasser du superflu et aller droit au but. Ne pas gâcher son quota de mots avec des '*According to the journalist,*', ne pas citer la source. Par ailleurs, l'article a une logique, déroule un raisonnement. Sauf cas exceptionnel de candidat qui maîtrise la langue et l'exercice, il est rarement conseillé de changer l'ordre des arguments, car on risque de se fourvoyer, d'omettre des points ou de changer l'éclairage. L'objectif est de restituer un maximum d'informations : ne pas déséquilibrer la restitution, escamoter des points et en développer longuement d'autres. Ne pas survoler non plus une partie du texte, par exemple dire que le projet comporte des aspects juridiques sans préciser lesquels. Il est à noter que certaines très bonnes copies ont été trop succinctes sur ce point. Ne pas réserver non plus un certain nombre de points pour les réinjecter plus tard dans l'essai. Par exemple, on a observé que des candidats passaient sous silence le recours aux sociétés privées, mais pour centrer ensuite leur essai sur ce point. Il ne doit pas y avoir de tentative de compensation entre les deux questions. Chacune fonctionne et est notée indépendamment. Enfin la méconnaissance du sujet, étonnante chez des candidats scientifiques, a donné lieu à des inexactitudes ou contresens. On a parlé d'exploration lunaire sans mettre en valeur ce qui fait la nouveauté de ce programme, l'exploitation minière et sa commercialisation.

#### 7.2.5 Expression personnelle ou '*essay*'

Dans l'ensemble, la problématique a été bien comprise, et seules quelques copies n'ont traité que les avantages ou que les inconvénients. En revanche, trop d'entre elles se sont contentées de puiser dans l'article pour trouver des idées. À ce stade du travail, il convient de dépasser les limites de l'article et d'apporter des éléments nouveaux. La différence entre les bonnes copies et les autres a ensuite résidé dans leur capacité à étayer ces éléments par des exemples précis et des connaissances personnelles. On ne saurait trop insister sur ce point qui est réclamé chaque année. Des allusions précises à l'aventure spatiale, aux missions passées, ou présentes, ou futures, ou encore aux perspectives, approches et enjeux divers selon les époques, montrent que les candidats ont les yeux ouverts sur le monde où ils vivent. De tels éléments peuvent justement servir à contextualiser l'*essay*', comme il est demandé de le faire. Trop de candidats se contentent d'une introduction factice, qui n'apporte rien au débat, se bornant à réécrire la question, quand ils ne sautent pas carrément cette étape. Par ailleurs, l'énoncé du sujet était très simple, mais risquait d'inciter certains à dresser deux catalogues de points jetés dans le désordre, non reliés entre eux, et s'opposant deux à deux dans un '*essay*' en deux parties. Les meilleures copies sont celles où le candidat a réussi à sortir du plan binaire pour organiser une argumentation, par exemple en introduisant une typologie de domaines où le projet spatial pouvait permettre des avancées (scientifiques, économiques ...) mais occasionnait des déconvenues (environnement, diplomatie ...), pour finir par mettre en perspective l'aventure humaine. On voit ainsi qu'il importe d'apporter un soin particulier à la construction de l'*essay*', et pour cela d'avoir recours à des mots de liaison autres que les simples '*what's more*', '*moreover*', '*also*', qui ne doivent pas être les seuls connecteurs

logiques du discours, car ils ne mènent souvent qu'à dresser des listes d'éléments disparates simplement juxtaposés. Un autre écueil a également guetté quelques candidats : l'article mentionne, en quatre mots placés entre virgules, l'envoi d'une astronaute sur la lune, projet tout à fait nouveau dans ce programme. Même si l'événement est marquant, il n'est manifestement pas le sujet principal de l'article qui le mentionne « en passant ». Or, certains candidats en ont fait un élément central de leur '*essay*', déroulant tout un développement sur l'égalité des chances et la place des femmes dans le domaine scientifique. Certes, il est demandé de se détacher de l'article-source, mais il faut encore parler du sujet principal. En conclusion, ce sont la densité et la variété et la pertinence d'arguments organisés dans une réflexion structurée qui font les bons '*essays*'.

### 7.3 Arabe

#### 7.3.1 Remarques générales

Le jury estime que l'épreuve dans son ensemble a été, cette année contrairement à l'année précédente, mieux réussie. De fait, de nombreux candidats ont témoigné d'une bonne maîtrise de la langue et notamment d'une précision lexicale appréciée. Cependant, un certain nombre d'entre eux ne semblent pas avoir été suffisamment préparés, d'où les difficultés à exécuter la totalité de l'épreuve dans le temps imparti. Par ailleurs, certains n'ont pas été assez conscients que la performance attendue ne se limite pas à une bonne maîtrise de la langue mais exige un entraînement régulier à l'art difficile de la traduction et nécessite le respect des règles méthodologiques propres à chaque exercice et une culture générale indispensable pour traiter la deuxième question de l'expression écrite.

#### 7.3.2 Expression écrite

##### Première question

Bien que la majorité des candidats ait répondu correctement à la question, le jury regrette qu'un certain nombre de copies aient eu recours au plagiat, qui constitue parfois la majeure partie de certaines réponses. Ce procédé est à proscrire absolument. Les candidats doivent faire appel à une expression personnelle fondée sur une bonne interprétation du texte et non se borner à en recopier des fragments. La question posée, cette année, invitait les candidats à dégager les différents arguments avancés par l'auteur de l'article expliquant l'échec des deux gouvernements tunisiens à contrôler la pandémie de Coronavirus. Si une réponse exhaustive n'était pas obligatoire, le jury s'attendait à ce que les candidats évoquent plusieurs éléments clés présents dans le texte et tout particulièrement qu'ils montrent la responsabilité imputable à chaque gouvernement dans cet échec. Or cela n'a pas toujours été le cas, ce qui a fait perdre de précieux points à beaucoup de candidats. Enfin, il est toujours utile de rappeler que, contrairement à la deuxième question et compte tenu du nombre limité de mots à utiliser pour répondre à celle-ci (80 mots plus ou moins 10%, la conjonction de coordination **و** ne constituant pas un mot à elle seule), les candidats ne sont pas obligés de commencer par une introduction ni de terminer par une conclusion. Ils ne doivent en aucune manière émettre un jugement ou un commentaire personnel.

## Deuxième question

L'essai, certes court, n'en obéit pas moins à des règles strictes : une introduction, même très brève, pour formuler la problématique ; un développement argumenté fondé sur un élargissement personnel, en cohérence avec ce qui a été annoncé dans l'introduction et qui répond à la question posée par le sujet ; une conclusion.

Les candidats étaient invités cette année à répondre à cette question : Peut-on réformer le système de santé dans plusieurs pays arabes sans passer par une réforme plus générale ? Le jury déplore dans de nombreuses copies l'absence d'introduction et/ou de conclusion. Le jury a pénalisé les copies dont la réponse est constituée d'une seule traite sans paragraphe. Il invite les candidats à procéder à une analyse serrée et rigoureuse de l'énoncé pour élaborer un plan afin de les aider à concevoir une réponse structurée et organisée. C'est cette absence de plan qui a conduit plusieurs candidats à traiter la question posée de façon très inégale et donc superficielle en évoquant trop longuement les difficultés de certains pays arabes face à cette pandémie du fait d'un manque de moyens mais en survolant l'aspect politique. Signalons aussi qu'un nombre important de copies s'est contenté de reproduire scrupuleusement les exemples du texte sans rien proposer d'autre que ce que l'article contient déjà.

Dans ce type d'exercice, le jury évalue la capacité des candidats à produire un discours logique et nuancé ainsi que la culture générale personnelle sans parler naturellement du niveau de langue et de la richesse du vocabulaire.

Comme le signale le jury tous les ans, le non-respect du nombre de mots pour les deux questions d'expression est fortement sanctionné.

### 7.3.3 Thème

L'extrait proposé cette année était tiré du roman d'Amin Maalouf, *Le Périple de Baldassare*, Éditions Grasset & Fasquelle, 2000. Le jury a constaté que le niveau de français de beaucoup de candidats laisse à désirer, ce qui explique certainement le nombre important de traduction partielle voire lacunaire sans parler des traductions aberrantes. On ne le redira jamais assez, la maîtrise du français est indispensable pour réussir l'épreuve de traduction.

La majorité des candidats est malheureusement tombée dans l'écueil de la traduction fantaisiste, et parfois gravement. Le jury s'étonne de la méconnaissance du mot « Citadelle » : traduit par « الحَيِّ » au lieu de « القلعة » mot que l'on est en droit de penser connu des élèves de classes préparatoires.

Le jury se réjouit, en revanche, de la qualité de certaines traductions, très bonnes voire excellentes. Les candidats qui ont réussi cet exercice ont respecté les règles et les particularités de la langue de départ (le français), comme celle de la langue d'arrivée (l'arabe), et ont surtout témoigné d'une compréhension fine du texte.

Les autres problèmes relevés sont :

0. la traduction qui confine au calque (exemple : « Je promenais mon regard » traduit par « نَزَّهت نظري » au lieu de « أجلت النظر » ou au non-sens (« nous y fûmes vite » traduit par « دَخْنَا بسرعة » au lieu tout simplement de « سرعان ما وصلنا إليه » ;
0. la lecture hâtive qui conduit certains candidats à ne pas distinguer « se réveiller » de « se lever », rendus par le même terme : « استيقظ » au lieu de « استيقظ ونهض » ;
0. la mauvaise compréhension du texte liée à d'importants contresens, comme celui concernant ce passage : « je me refusai de me laisser attendrir » traduit par : « لَكُنِي رفضت أن يتركنا ننتظر » au lieu de « على أنني لم أقبل الانقياد لهذا الاستعطاف » certains candidats ayant confondu « attendre » et « attendrir ».

Revoir et savoir appliquer les règles de base de la grammaire arabe pendant les deux années de la préparation est une nécessité pour s'exprimer dans une langue correcte. La qualité de la langue est un critère essentiel de la notation pour les trois exercices.

Le jury rappelle également que toute omission est fortement sanctionnée.

Il va de soi que la traduction d'un texte dans les règles ne s'acquiert que par un entraînement régulier et une préparation sérieuse. Manifestement, certains candidats font face à ce genre d'exercice pour la première fois le jour du concours.

## 7.4 Espagnol

### 7.4.1 Remarques générales

En dépit des circonstances inhabituelles de la préparation aux concours, dans son ensemble, l'épreuve a été bien réussie pour une assez grande majorité des candidats qui ont fait preuve d'une bonne, voire, d'une excellente maîtrise de la langue. Il n'y avait que peu de mauvaises copies (notes inférieures à 5). Ces résultats reflètent le sérieux de l'ensemble des candidats pour accéder à cette réussite et l'investissement de leurs enseignants pour les y mener.

Cependant, avant d'aborder les remarques sur le contenu de chaque réponse, le jury a été frappé par un phénomène en augmentation : un nombre important de copies très mal présentées ; la présence de trop nombreuses ratures et d'une calligraphie assez torturée n'incitent pas à valoriser le travail écrit. Certains candidats ne semblent pas avoir compris que l'épreuve ne se limite pas seulement à démontrer qu'ils rédigent dans un (assez)bon niveau de langue, mais qu'un minimum de culture générale est indispensable pour répondre à la question 2 ; à cela s'ajoute un entraînement régulier à la traduction et enfin, le respect des règles méthodologiques de chaque exercice, que rappelle le tableau ci-dessous, dans les grandes lignes :

Nature de l'exercice	Attentes
Question 1 (4)	- compréhension du texte, - restitution courte de l'information sans recopier le texte, - capacités d'argumentation,
Question 2 (8)	- culture générale à travers un choix d'exemples (2 ou 3, nombre indiqué à respecter).
Questions 1 et 2	Attentes communes - structuration de la réponse, - formulation personnelle, correction et richesse d'expression, - respect du nombre de mots(avec marge supplémentaire).
Thème (8)	Article de presse, extrait de roman d'essai, évaluer les compétences lexicales et grammaticales (tout traduire).

### 7.4.2 Expression écrite

#### Question 1

En grande majorité, les candidats ont su répondre à la question en prenant soin de structurer la réponse. Néanmoins, il convient de rappeler certaines règles omises pour traiter cette question :

- avoir une rédaction personnelle, qui reprend certes les mots clés du texte, mais qui témoigne d'une capacité à redonner les idées principales et l'organisation du texte ;
- reprendre tous les éléments du texte.

Sur ce dernier point, une partie des candidats n'a pas mentionné que ce musée était devenu un modèle pour d'autres institutions. Cette question invitait le candidat à présenter les caractéristiques de ce musée et ses évolutions.

Voici quelques exemples de formulations de bonnes réponses.

- *Museo reciente y moderno, con ubicación simbólica (en el centro de la capital, Santiago de Chile) ;*
- *Fue creado por iniciativa política ;*
- *La riqueza de su documentación ofrece una visión pormenorizada de la dictadura del general Pinochet ;*
- *A lo largo de los años, se destacan dos evoluciones de esta institución : primero una modificación de la meta didáctica que ha de cumplir ; la misión del museo ha ido amoldándose al contexto político/histórico del país : a los testimonios de la dictadura se añadieron otros acerca de violaciones a los derechos humanos de los últimos movimientos de protestas, a petición de la ONU y de la ONG HRW.*

## Question 2

Cette question fait appel à la culture générale du candidat qui doit s'appuyer sur différents exemples pour étayer son argumentation ; visiblement, un nombre encore trop important de candidats n'en n'a pas tenu compte. Nous avons trouvé une absence fréquente d'exemples, quelques vagues références, ou une reprise de l'exemple du texte.

Néanmoins, certains candidats ont fait la différence en se basant sur des exemples précis et variés ;

- la numérisation(imposée)des expositions, étant donné le contexte de pandémie (la Reina Sofía et le Prado à Madrid, le Guggenheim de Bilbao, le musée Picasso à Paris, ou d'autres situés en Amérique latine...) ;
- la référence à des musées consacrés à la *Memoria Histórica (El espacio Memoria y Derecho)*, ancien centre de détention et de torture de la dictature argentine à Buenos Aires, ou *el museo comunitario de Culpico (Tabasco)* au Mexique... ;

Selon les candidats, les côtés positifs de la numérisation permettent de :

- réduire "*la brecha digital*", donc les discriminations sociales, en attirant les jeunes et en donnant un accès simplifié à un public en situation de handicap ;
- former le citoyen à la *Memoria Histórica* ;
- minimiser "*la huella carbono*" que suppose les différents déplacements touristiques en avion ;
- favoriser les échanges culturels entre musées, par le prêt d'oeuvres d'art pour des expositions temporaires.

De façon générale, le jury a trouvé qu'il était bienvenu de nuancer le propos en montrant les limites de ce phénomène, une exposition numérique est moins intéressante, voir les œuvres d'art de ses propres yeux est une expérience émotionnelle et esthétique beaucoup plus riche.

### 7.4.3 Thème

Le jury commencera par rappeler, au préalable, qu'il faut TOUT traduire : les omissions sont encore trop nombreuses, par exemple, « y » dans « m'y accompagnait » , quand il ne s'agit pas de l'oubli de deux phrases du texte. Les copies corrigées ont révélé un bon niveau de traduction et un niveau grammatical.

Nous avons relevé des fautes classiques :

- la confusion entre *preguntar/pedir*, avec l'utilisation très fréquente de *pedir de* ;
- *Ser/estar lista* ;
- pour un tiers des copies, l'absence ou une mauvaise accentuation verbale, "*ésta*" pour "*estás*", "*aprendio*" pour "*aprendió*" ;
- le garçon ici n'est pas "*el niño*".

D'un point de vue syntaxique, les candidats devaient prêter attention aux points suivants :

- la différence enclise/proclise (*me preocupaba, ..que le dijera, le ruego/ pido, ...*) ;
- la traduction de l’adverbe « y » (*me acompañaba allí*) ;
- les prépositions (*delante de/enfrente la casa/frente a la casa, en la acera, hacia mí...*) ;
- la différence *ser/estar* pour situer dans l’espace (*estar en la estación*) ;
- *pedir* (demander pour obtenir quelque chose)/*preguntar* (poser une question).

Au niveau des temps : on pouvait relever la différence entre le passé composé et le passé simple (*me ha enseñado/aprendido – me enseñó/aprendió*), l’utilisation de la concordance des temps au passé (*esperaba. . . . .dijera/se*).

Le jury a constaté d’étonnantes lacunes lexicales pour traduire : la voiture (la coche, la voiture), la gare (la gara), le départ (el departo, la departida), la porte d’entrée (la porta de entrar), profiter de (profitar), une avance (un avanzamiento), chômeur (el chomo, chomista). Et quelques hésitations pour se garer (parcar/parcarse), trottoir (acera et acerca), debout (en pie).

Mais, il a valorisé les bonnes traductions pour le coffre (*el maletero*), passer la tête (*asomar la cabeza*), retournait nerveusement une soucoupe (*le daba vueltas nerviosamente al platillo*), pourboire (*la propina*).

## 7.5 Italien

### 7.5.1 Remarques générales

Pour la session 2021, 33 candidats ont choisi l’Italien dans le cadre de l’épreuve écrite de Langue Vivante. L’éventail des notes attribuées (de 06,5 à 18,75) atteste de la très grande disparité des copies, mais aussi d’une bonne moyenne (13,05).

10 copies sont d’un excellent niveau et obtiennent une note égale ou supérieure à 15/20.

17 copies ont une note comprise entre 11 et 14,75/20.

6 copies ont eu une note égale ou inférieure à 10,75/20.

La moyenne générale de l’épreuve est donc très satisfaisante.

Comme chaque année, rappelons que l’épreuve écrite de Langue Vivante est composée de deux exercices distincts. Le premier est un exercice de traduction : il s’agit d’un thème, épreuve pour laquelle le jury d’italien propose habituellement le court extrait d’un roman ou d’un essai, en veillant à ce que le lexique et les structures grammaticales correspondent aux connaissances légitimement attendues d’un candidat parvenu à ce niveau d’études.

Le second exercice est l’étude d’un texte, qui repose sur deux questions : la première est une question de compréhension et permet de s’assurer que le candidat a bien saisi le sens des idées développées ; la seconde est une question dite d’ouverture, car elle invite le candidat à une analyse plus personnelle, à partir d’un sujet qui est toujours en rapport avec le texte proposé et en constitue dès lors un prolongement.

La plupart du temps le texte choisi par le jury est extrait de la presse, ce qui était le cas cette année.

### 7.5.2 Remarques particulières

Pour les deux exercices, les sujets de la session 2021 étaient les suivants :

- Le **thème** proposé était un extrait d’un livre de Nathan Devers intitulé Ciel et terre. Ce passage, d’une lecture aisée, porte une réflexion sur le télétravail. D’un point de vue grammatical, il permet d’évaluer l’acquisition d’un certain nombre de points de grammaire très courants, tant au niveau morphologique que syntaxique. Au niveau lexical, les termes courants ne devraient pas poser de

problèmes aux candidats notamment le lexique concernant le corps humain (visage), le monde du travail (travail, profession, horaire, commande), le lexique courant de la presse (journaux, magazines, revues, textes, affiches, articles), des verbes élémentaires (travailler, collaborer, se déplacer, envoyer, réaliser, téléphoner, connaître, reprocher, remercier). Au niveau morpho-syntaxique, les structures verbales sont simples, les verbes en général sont au présent, passé composé, à l’infinitif et au gérondif.

- Pour l’**Expression Ecrite**, les candidats étaient invités à réfléchir sur un article de Giovanna Maria Fagnani, intitulé “*Lo smart working piace a un lavoratore su due*”, publié le 15 mai 2020 dans le journal *Il Corriere della sera*.

Le **thème** du sujet ne devait pas dérouter les candidats, invités à relever, dans la première question, les promesses du télétravail tout comme les avantages des salariés et des entreprises. La seconde question, comme il se doit, propose aux candidats d’argumenter personnellement sur les progrès du *smart working* et ses dangers possibles.

À l’exception de quelques belles copies, la traduction a été moyennement réussie : beaucoup de fautes d’orthographe et de gallicismes. Les candidats ont fait l’impasse sur des mots portant simples, comme, par exemple « revue », « magazine », « journal », « coup de fil », « couverture », « paresseux », « mauve ».

Il faut relever des lacunes au sujet de points grammaticaux de base comme les articles contractés, les adjectifs possessifs, les adjectifs et pronoms indéfinis ainsi que les pronoms relatifs.

On a dû aussi regretter la méconnaissance, chez certains candidats, de la traduction de certains verbes courants, à titre d’exemple, « déplacer », « envoyer », « réaliser », « connaître », « dessiner », « reprocher », tout comme leur conjugaison pourtant essentielle pour la bonne compréhension d’un texte.

Dans de nombreuses copies, ont été sanctionnées également des omissions de traduction parfois un article, un mot, parfois même un groupe de mots.

Malgré la brièveté du temps de l’épreuve, les candidats doivent se montrer vigilants sur ce point et se contraindre à une relecture attentive du texte et de leur traduction en regard. Certaines fautes seraient certainement évitées.

Pour la partie **Expression**, on a relevé la tendance détestable chez quelques candidats, heureusement peu nombreux, à proposer une réponse sous forme de catalogue dans la première question.

C’est là un écueil qui procède davantage d’un défaut de méthodologie. La réponse doit être organisée et structurée pour synthétiser les idées du texte. Le jury ne saurait se contenter d’un inventaire, fût-il complet.

Quant à la seconde question, on a pu regretter parfois un manque d’ouverture. Bien au contraire, une réflexion personnelle plus large, étayée d’exemples variés, était la bienvenue.

Pour ce qui est de la forme, le jury s’est félicité de trouver dans quelques copies, une réelle richesse lexicale et une maîtrise de structures syntaxiques élaborées.

### 7.5.3 Conseils

A l’adresse des futurs candidats, on ne peut que rappeler ici quelques conseils utiles pour bien se préparer à cette épreuve. Il importe de multiplier, en cours d’année, les exercices d’entraînement, tant pour le **Thème** que pour la partie **Expression**. Les efforts doivent porter, en toute priorité, sur la correction de la syntaxe, une connaissance scrupuleuse de la morphologie verbale, enfin sur la variété et la précision du lexique. Ce sont là des conditions indispensables pour éviter les pièges de la traduction, pour servir au mieux une pensée claire et un discours organisé qui saura convaincre le jury.

## 7.6 Russe

### 7.6.1 Remarques générales

Pour le russe, comme pour les autres langues vivantes, l'épreuve écrite est composée de deux activités distinctes. D'abord, il s'agit de l'étude d'un texte, qui repose sur deux questions : la première est une question de compréhension et permet de s'assurer que le candidat a bien saisi le sens des idées développées dans le texte ; la seconde est une question dite d'ouverture, car elle invite le candidat à une analyse plus personnelle, à partir d'un sujet qui est toujours en rapport avec le texte proposé et en constitue dès lors un prolongement.

En règle générale, le texte choisi par le jury est extrait de la presse et comporte 300 à 400 mots selon les complexités relatives de la thématique et du lexique.

Pour une meilleure différenciation des deux questions, la première doit comporter 80 mots ( $\pm 10\%$ ), et la seconde, 180 mots ( $\pm 10\%$ ).

Les réponses aux deux questions représentent 60% de la note de langue.

La deuxième activité est un exercice de traduction ; il s'agit d'un thème, épreuve pour laquelle le jury propose habituellement un court extrait de roman ou d'essai contemporains.

Cet extrait est généralement d'une longueur variant de 150 à 200 mots et compte 40% pour la note finale.

### 7.6.2 Remarques particulières

#### Expression écrite

A la session 2021, le texte de l'épreuve d'expression écrite portait sur la tendance manifestée par certains Russes d'éprouver de la nostalgie pour l'URSS et l'époque du communisme. C'était un article d'Andreï Desnitsky paru dans le journal *Gazeta.ru* le 2 septembre 2020. Il était présenté dans une version abrégée.

En répondant à la première question, le candidat devait dire avec ses propres mots, sans citer les propos de l'auteur, ce qu'il avait appris dans le texte. En réalisant la synthèse il fallait éviter de donner son avis personnel ou de se référer à des informations autres que celles proposées par l'article.

La deuxième question (« Où est le danger d'une telle nostalgie ? ») invitait les candidats à formuler une problématique liée au sujet et de donner leur opinion personnelle à travers une prise de position claire. Quelques références culturelles pertinentes et des exemples tirés de la connaissance du monde devaient étoffer le propos du candidat.

Dans un essai, on demande au candidat d'éviter tout lieu commun ou toute évidence. Une bonne réponse suppose des ouvertures. Pour cette raison, la réflexion au sujet de la nostalgie de l'URSS invitait non seulement à expliquer les sources et les conséquences du phénomène, mais également à examiner ce dernier dans un contexte plus large. Il était notamment possible d'évoquer des tendances similaires dans d'autres pays de l'ex-camp communiste en tant que signes de malaise de transition (p.ex. l'Ostalgie en Allemagne) ou d'opposer le passéisme à l'idée du progrès dans les domaines les plus divers : économie, sciences et technologies, politique, société, etc.

Or, plusieurs candidats se sont limités à partager le point de vue de l'auteur sans proposer une argumentation proprement dite ni porter un jugement personnel. Notons à ce propos que seul un travail *au brouillon* de quelques instants (avant d'écrire au propre les idées organisées) permet de réaliser un essai de qualité.

#### Thème

La traduction du français vers le russe portait sur un extrait du roman de Jean-Michel Guenassia, *Le Club des innombrables optimistes* (Albin Michel, 2009), qui décrit une scène du quotidien dans une famille.



D'un point de vue lexical, il n'y avait pas de grande difficulté. La structure de la phrase était simple et le vocabulaire usuel. Le texte permettait de vérifier, en revanche, l'aisance et l'habileté des candidats dans les quelques cas où il ne fallait pas suivre à la lettre la structure de la phrase française.

- « On était début juillet ». Les phrases françaises servant à situer le sujet parlant dans le temps (du type « nous sommes mardi ») correspondent en russe aux propositions où le circonstant français devient sujet (сегодня вторник). La phrase ci-dessus devait donc être traduite par : Было начало июля.
- Dans la proposition « Ma mère n'est pas rentrée », il fallait ajouter un élément, l'adverbe ещё, permettant de mieux établir le rapport entre les événements : Мать ещё не вернулась.
- En russe, l'emploi des déterminants possessifs est beaucoup plus limité qu'en français. Lorsqu'il s'agit des membres de la famille ou des parties du corps du locuteur, il n'est absolument pas nécessaire de les utiliser dans la traduction :
  - « Ma mère n'est pas rentrée » - Мать ещё не вернулась.
  - « Ma mère est apparue comme une furie » - Мать появилась как фурия.
  - « Mon père s'est levé » - Отец встал / поднялся (из-за стола).
  - « Je voulais le donner à mon frère » - Я хотела дать их брату.
- « Elle avait quitté le magasin en fin d'après-midi sans dire où elle allait ». Le verbe « quitter » (un lieu) correspond le plus souvent à « уходить/уйти »: Она ушла из магазина в конце дня, не говоря/ не сказав, куда идёт. Le verbe покинуть est réservé aux situations où l'on part définitivement ou sous la pression des circonstances.
- Dans la traduction de la proposition « ... où elle allait », les variantes куда она шла, пошла ne sont pas justes étant donné le sens véhiculé par ces emplois. Le déterminé шла désigne une action en cours dans une narration, le verbe пошла marque un départ, alors qu'ici il s'agit d'une action envisagée (projet de déplacement = идёт ou пойдёт) : au dernier contact avec la mère, elle n'était pas encore partie.
- « La porte d'entrée a claqué ». En traduisant cette phrase, il fallait penser à un bon ordre de mots. En russe, l'information nouvelle qu'introduit un énoncé est généralement contenue dans les derniers mots de la phrase. Sur le plan communicatif, c'est cet élément qui prédomine. Or qu'est-ce qui est importé davantage ici : l'objet même ou le bruit qu'il a produit? Входная дверь хлопнула ou Хлопнула входная дверь? Si la porte avait déjà été mentionnée (élément thématique), cela aurait été le bruit. Mais comme on évoque la porte pour la première fois, c'est elle qui attire l'accent logique de l'énoncé. La bonne traduction est donc : Хлопнула входная дверь.
- « On était réunis autour de la table ». Quand la mère est apparue, toute la famille était déjà réunie autour de la table. Le fait d'être réuni sert de toile de fond pour une action ponctuelle : l'arrivée de la mère. Respectivement, la traduction littérale « мы собрались » (verbe perfectif marquant un début d'action) n'est pas fidèle. Il fallait dire : Мы (все) сидели за столом.
- « Paul, il manque cinq millions (...) à la banque! » Поль, в банке не хватает пяти миллионов. Les prénoms français ne doivent jamais être remplacés par leurs équivalents russes, comme Павел ou Паша. La règle exige que les prénoms, mais également les noms étrangers, soient transcrits suivant leur prononciation dans la langue d'origine. Paul sera transcrit Поль, Jean par Жан. (Certains prénoms féminins peuvent être russifiés par l'adjonction de « а » : Jeanne par Жанна, Françoise par Франсуаза ..., mais cela ne change pas la règle générale).
- « Il restait debout ... pris au dépourvu » : l'expression « prendre au dépourvu » correspond en russe à застать/застигнуть врасплох. Le participe passé passif застанутый n'existant pas, il fallait utiliser застигнутый врасплох ou opter pour une traduction proche de sens : Он стоял, не зная, что делать/как поступить.

- «Quand ma mère revenait aux anciens francs, c'est qu'il y avait un problème». Cette phrase a suscité le plus d'hésitations chez les candidats. Ces derniers ignorant l'existence des anciens francs (francs jusqu'en 1959, qui valaient un centième du nouveau franc introduit le 1er janvier 1960) ont donné libre cours à leur imagination pour éviter la traduction littérale qui était pourtant la seule juste : anciens francs = старые франки. En effet, la dévaluation de la monnaie est un phénomène qui n'a rien d'exceptionnel et la façon dont la mère compte en millions indique assez clairement la bonne piste. Respectivement, la traduction du verbe « revenir à », dans la phrase citée, devait être adaptée au contexte : Когда мать начинала считать / вновь считала в старых франках, это означало, что что-то не так / что возникла проблема.

Pour conclure, soulignons que dans ce genre d'exercices, il s'agit de transmettre au lecteur le sens le plus exact possible du message et non de faire correspondre les unités lexicales. Ainsi le jury apprécie-t-il particulièrement les candidats qui n'ont pas traduit le texte mot à mot et ont pris le risque de faire preuve de recherche et de créativité.

### 7.6.3 Conseils

Rappelons comme chaque année, à l'adresse des futurs candidats, quelques conseils utiles pour bien se préparer à cette épreuve.

Il importe de multiplier, en cours d'année, les exercices d'entraînement, tant pour le **Thème** que pour la partie **Expression**. Les efforts doivent porter en toute priorité sur la correction de la syntaxe et une connaissance scrupuleuse de la morphologie (conjugaisons et déclinaisons).

Une attention tout aussi sérieuse doit être accordée à la variété et à la précision du lexique, conditions indispensables pour éviter les pièges de la traduction et pour servir une pensée claire et un discours organisé.

Tous les mots doivent être bien orthographiés. Les écritures comme опаздывать, поцеловать, послы, предложить sont sanctionnées par le retrait des points. Il importe également de se souvenir que, dans les exercices écrits, il est indispensable de respecter les règles de ponctuation qui sont strictes en russe, mais souvent négligées dans l'apprentissage du russe en France.

En voici les plus importantes.

Contrairement au français, en russe on ne sépare pas par une virgule les compléments circonstanciels en début de proposition (Через час... / В Париже... / В этой далекой стране...).

En revanche, il faut mettre une virgule devant les conjonctions а, но, однако (expression de l'opposition), mais également devant чем et как introduisant une comparaison.

On marque par une virgule la majorité des tournures participiales et gérondivales (participe ou gérondif + complément).

Il faut également séparer par une virgule :

- les propositions coordonnées reliées par и (et d'autres conjonctions) au sein d'une phrase complexe ;
- la proposition principale et la subordonnée ; cette dernière est généralement introduite par что, чтобы, который, когда, где, как, так как, потому что...

Les candidats doivent être conscients que la qualité de la langue sous toutes ses formes (lexique, grammaire, style, ponctuation) est un critère essentiel de la notation pour l'ensemble des exercices.



## 8 Annexe - Exemple de dissertation rédigée

### 8.1 Introduction

Elle pouvait évoquer en amorce, par exemple, le statut de la pitié chez Jean-Jacques Rousseau qui tranche ici avec le propos d'Alain (voir l'extrait du premier discours du *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes de 1755*). On peut citer une phrase ou l'idée générale. Pour information, le célèbre passage est reproduit dans sa totalité en annexe [annexe 1](#).

Ensuite, citation et mise en avant des affirmations principales d'Alain (cf. plus haut « analyse de la citation »).

Enfin, la problématique générale (par exemple : « Faut-il transmettre l'espoir naturel en la vie au malheureux en lieu et place d'une pitié désespérante ? ») et l'annonce du plan.

### 8.2 Les œuvres confirment pour une part les propos d'Alain : la pitié est souvent contre-productive et les autres nous aident à vouloir vivre

Les trois œuvres, chacune à leur manière, cautionnent les affirmations fondamentales de la citation : elles critiquent — parfois avec force, comme chez Nietzsche — la pitié ; elles ne négligent pas l'importance des autres dans notre soif de vivre et elles insistent sur l'importance de croire en l'avenir, de « voir l'avenir en beau » selon la formule d'Alain.

#### La critique de la pitié

Comme Alain dans son propos (« *Il faudrait n'être pas triste ; il faudrait espérer. (...) Réellement, il faudrait n'avoir point trop pitié de lui* »), les auteurs critiquent la pitié comme une attitude condescendante et humiliante pour celui qui en est l'objet. C'est singulièrement le cas de Nietzsche qui ne cesse d'y revenir dès la préface du *Gai Savoir*.

Toute la philosophie de Nietzsche s'insurge contre « *toute philosophie qui place la paix plus haut que la guerre* », « *toute éthique présentant une version négative du concept de bonheur* » (Préface, paragraphe 2). Il fustige la logique de la paix, de la pitié qui ne cherche qu'à panser les plaies et à consoler à bon compte. Il condamne cette tendance naturelle à la paix, au « *calme* », à la « *douceur* », à la « *patience* », au « *remède* », au « *soulagement* ». C'est ce qui pousse Nietzsche à critiquer l'épicurisme et le stoïcisme au nom dans leur visée même (paragraphe 306). D'où également ses attaques à l'égard de la morale et de la religion, sa condamnation « *des confesseurs, des êtres qui exorcisent les âmes et qui remettent les péchés* » (paragraphe 289). Au paragraphe 338, Nietzsche critique les êtres compatissants, qui ont pitié de ceux qui souffrent. Pour Nietzsche, non seulement la pitié rabaisse celui qui en est l'objet, mais avoir pitié de quelqu'un revient à ne pas prendre en compte le caractère singulier de sa souffrance. Or, toute douleur est unique en son genre. Il y a une sorte de nécessité de la souffrance : elle ne me vient pas par hasard et révèle mon intériorité présente et me donne un certain élan vers l'avenir. Il condamne « *la religion* » de la pitié ou « *la religion du confort* » ; faisant parfaitement ici écho à la pensée d'Alain. La pitié est l'émanation de la faiblesse et affaiblit en retour celui sur lequel elle porte. Mais il y a également des témoignages dans *La Supplication* qui remettent en cause la dimension supposée « humaine » et bienveillante de la pitié. Dès le premier témoignage (Prologue, « Une voix solitaire », page 22), la femme de ce mari agonisant, réduit selon les infirmières à n'être qu'« *un objet radioactif avec un fort coefficient de contamination* », n'éprouve pas une simple « *pitié* » pour son mari mourant. Elle ne dit qu'une seule chose : « *Je l'aime ! Je l'aime !* ». Ou encore, loin de porter sur son mari un regard condescendant, elle témoigne de son amour illimité : « *Tout était à moi... Tout aimé de moi...* » (page 23). Avec Hugo, la pitié n'est jamais mise en avant comme une chose nécessaire et salutaire. Tout se passe comme s'il devait d'abord passer par la souffrance pour progressivement guérir.

Il écrit par exemple : « *Je cesse d'accuser, je cesse de maudire/ Mais laissez-moi pleurer !* » (Livre IV, poème XV « A Villequier », vers 119-120).

### L'importance des autres

En outre, les auteurs ne négligent pas, comme le mentionne Alain dans son propos (« *Non pas être dur et insensible. Mais faire voir une amitié heureuse* »), l'importance des autres dans notre reconstruction intérieure et dans notre soif de vivre.

Le recueil des *Contemplations* cède une place considérable à autrui. L'importance des autres est saillante, à toutes les pages. Le poète se dit consolé, entouré et aimé, par exemple quand il écrit : « *Mon œuvre n'est pas terminée, dites-vous* » (« Trois ans après », vers 25-26). Au Livre V, Hugo insiste particulièrement sur l'importance de se donner aux autres, de sortir de soi pour s'ouvrir généreusement à autrui. En ce sens, il défend une certaine pitié faite d'humanité et de bienveillance : « *Je me suis incliné sur tout ce qui chancelle* » (...) « *J'ai réclamé des droits pour la femme et l'enfant ; / J'ai tâché d'éclairer l'homme en le réchauffant* » (Livre V, poème III « Écrit en 1846 », vers 315-316).

L'importance des autres n'est pas niée non plus par l'analyse nietzschéenne. Au paragraphe 289 (« Aux navires ! »), il invite les hommes forts à « *créer une foule de nouveaux soleils* ». Il faut être pour les autres un « *soleil qui réchauffe, bénit, féconde et rayonne* ». La descente (ou déclin) de Zarathoustra de sa montagne ne s'explique pas autrement : « *Vois ! Je suis repu de ma sagesse comme l'abeille qui a butiné trop de miel, j'ai besoin de mains qui se tendent, je voudrais prodiguer et partager* » (dernier paragraphe, 342, du livre IV et paragraphe 1 du Prologue 2 d'*Ainsi parlait Zarathoustra*). A la fin du paragraphe 338, et en contraste avec la pitié qu'il condamne, Nietzsche dit que le surhomme a des « amis » à qui il saura venir en aide et leur apprendre, non à être consolés, mais à être forts. Il le fait parler ainsi : « *Je veux les rendre plus courageux, plus résistants, plus simples, plus gais !* ».

De même, les témoins de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, s'ils s'en sortent plus forts et grandis, ce n'est jamais seuls ! Dans le très beau témoignage « Monologue sur l'homme qui n'est raffiné que dans le mal » (La Terre des morts, page 73), il est dit que les animaux ne vivent que pour eux-mêmes, et non pour les autres. Les animaux vont à quatre pattes... Ils regardent la terre et ils penchent la tête vers la terre. Seul l'homme est, lui, « debout ». Il tend les bras et le visage « *vers le ciel, vers la prière, vers Dieu !* ». Lui seul est capable d'un véritable altruisme et d'une authentique empathie.

### « Voir l'avenir en beau »

Enfin, comme Alain dans la citation (« *Il faudrait compter sur la nature, voir l'avenir en beau* »), les trois œuvres insistent sur l'importance de finir par regarder l'avenir pour vivre. Survivre à tout deuil ou à toute catastrophe implique de ne plus vivre du passé, mais de le dépasser pour « *voir l'avenir en beau* », selon la belle formule d'Alain.

Cette idée est manifeste dans *La Supplication*. Le témoignage de l'historien Alexandre Revalski ne porte que sur la « *foi* » propre à l'âme russe. Il y explique que le caractère russe consiste toujours « à s'en remettre au petit bonheur la chance », à croire que tout se passera bien. D'où sa critique spontanée de l'univers de la technique qui tend à aplanir les choses, à se rendre maître de l'avenir. Il dit même que le Russe « *hait* » les machines. Le Russe, dit-il, veut toujours croire en quelque chose. Il se relèvera de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl comme il s'est relevé dans le passé de tant d'autres choses (« Monologue sur le fait qu'un Russe a toujours besoin de croire en quelque chose », Admiration de la tristesse, pages 172-176).

De même qu'il y a, avec Nietzsche, un appel à se tourner résolument vers l'avenir, à désirer le futur et à vouloir créer du neuf. L'homme qui s'aime lui-même et qui par là se donne toutes les chances de croître, est tel un « *feu* » ou un « *soleil* » : « *Nous sommes nés pour l'air. (...) Nous sommes virils et même terrifiants, tel le feu* » (paragraphe 293). Ou encore : « *Nous, oiseaux qui sommes nés libres !* » (paragraphe 294). « *Je veux créer pour moi-même mon propre soleil* » (paragraphe 320). Nous avons à déterminer par nous-mêmes nos propres lois, nos nouvelles tables de la loi. Nous avons à nous créer nous-mêmes, à déployer l'entière de notre être : « *Mais, nous, nous voulons devenir ceux que nous sommes* » (paragraphe 335).

Cette exigence de regarder l'avenir revient souvent dans le recueil des *Contemplations*. Hugo, progressivement, retrouve goût à la vie en regardant l'avenir, et d'abord en cherchant des buts, des objectifs : « *Moi, je cherche autre chose en ce ciel vaste et pur* » (Livre 4, poème X « Pendant que le marin, vers 7... »). Hugo use d'une expression quasi synonyme de celle d'Alain : « *L'avenir souriant* » (Livre IV, poème III « Écrit en 1846 », vers 345).

### 8.3 Les œuvres semblent malgré tout s'opposer au propos d'Alain : il n'est pas « facile » de croire en la vie

Sur les points les plus importants de la citation, les œuvres au programme ne semblent malgré tout pas valider le propos d'Alain. Nos trois œuvres n'affirment pas qu'il est « naturel » et « facile » de croire en la vie, sinon le vivant ne pourrait rester en vie. Au contraire, elles affirment que le danger de la mort est inhérent à la vie et que, d'autre part, il est particulièrement peu naturel et aisé de croire en la vie.

#### La mort est un danger inhérent à la vie

Contrairement à ce que dit Alain, la tendance à la vie ne s'oppose pas frontalement à la mort (« *Tout vivant croit que la vie triomphera, sans cela il mourrait tout de suite* »). La tentative naturelle de la vie n'est pas d'écarter sans cesse la mort, mais au contraire — pour nos trois œuvres — de vivre avec le danger permanent de la mort sous toutes ses formes, biologique comme intérieure.

Pour Hugo, la vie est une lutte permanente contre la mort ; la mort biologique vécue dans l'épreuve insigne du deuil mais aussi la mort qu'on pourrait appeler « intérieure », la mort à soi. En perdant sa fille, Hugo dit qu'il a perdu « *la lumière* » qu'il avait « *parmi les vivants* » (Livre 4, III « Trois ans après », vers 43-44). La vie suppose la mort et aimer revient, un jour à l'autre, à connaître la mort de ceux qu'on aime. C'est le thème central du poème XI du Livre IV qui commence par : « *On vit, on parle* » ; qui continue par : « *On aime, on est aimé* » ; et s'achève par : « *Puis, le vaste et profond silence de la mort* » (vers 1 ; 7 et 20). Vivre, ce n'est pas exclure la mort, mais l'intégrer à la vie : « *Il faut que l'herbe pousse et que les enfants meurent* » (Livre IV, poème XV « A Villequier, vers 71). Ou encore : « *Nous vivons tous penchés sur un océan triste* » (Idem, poème V, « A Mademoiselle Louise B, vers 85). Le magnifique poème « Apparition » (Livre V, poème XVIII) est une métaphore de l'amour qui porte en elle la mort : un ange vêtu de blanc, puis de noir, rend visite au poème, lui dit qu'il va lui « *prendre son âme* », et lui annonce : « *Je suis l'amour* » (vers 15).

Pour Nietzsche, nous ne devons pas nous consoler de mourir, mais vivre sans penser à la mort, sans essayer de s'en consoler. Il nous faut l'intégrer dans nos vies, de la façon la plus naturelle possible (paragraphe 278). Nietzsche rejoint sur ce point Spinoza qui affirme dans l'*Éthique* : « *Un homme libre ne pense à aucune chose moins qu'à la mort, et sa sagesse est une méditation non de la mort mais de la vie* » (Quatrième partie, LXVII). Nietzsche s'interroge très sereinement pour lui-même un peu plus loin dans la partie, au paragraphe 315. Il se demande comment il finira ses jours et envisage en toute tranquillité plusieurs options possibles.

Dans les témoignages recueillis par Alexievitch, et notamment dans un des premiers, celui d'une résidente sans autorisation (« Monologue sur ce dont on peut parler... », La Terre des morts, page 37), il est question d'une mort incluse dans la vie, indissociable de l'existence : « *La chose la plus juste au monde, c'est la mort. Personne ne peut se cacher d'elle. La terre reçoit tout le monde, les bons et les mauvais, les pécheurs* ». Cette phrase fait écho à certains vers des *Contemplations*. La mort intérieure est également présente dans certains monologues. Une mère s'interroge par exemple (« Trois monologues sur une peur très ancienne », La Terre des morts, page 66) : « *Là-bas, mon âme était morte... Comment donner naissance avec une âme morte ?* ». Plus manifeste encore : « *L'homme vit au milieu de la mort* » (« Monologue sur l'homme qui n'est raffiné que dans le mal... », La Terre des morts, page 72).

### Croire en la vie n'est pas chose facile

Contrairement à ce que dit ici Alain, la croyance en la vie, en sa beauté et en sa valeur n'est pas une tendance spontanée, naturelle et facile (« *Il faudrait compter sur la nature, voir l'avenir en beau, et croire que la vie triomphera. C'est plus facile qu'on ne croit, parce que c'est naturel* »). Les trois auteurs insistent, au contraire, sur l'extrême difficulté – surtout dans l'épreuve- de croire en la vie. « Il faut croire en la vie », disent-ils chacun à leur manière ; le « il faut » sous-entend que cela n'est ni naturel ni facile.

Dans *La Supplication*, les survivants de la catastrophe manifestent tous que le désir de vivre ne va absolument pas de soi. « C'est la vie ! », « Il faut survivre ! », disent-ils souvent. Un des monologues illustre parfaitement cette tension entre le désespoir de vivre et l'envie de survivre : « *Je peux vivre comme je peux ne pas vivre* » ; et : « *Je crains l'homme. Et pourtant, j'ai toujours envie de le rencontrer* » (« Monologue sur l'homme qui n'est raffiné que dans le mal... », La Terre des morts, page 72-73).

Dans *Les Contemplations*, Hugo se bat en permanence contre la tentation du désespoir (c'est elle, et non la croyance en la vie, qui est cette sorte de pente naturelle et facile) : « *Maintenant, je veux qu'on me laisse ! / J'ai fini ! le sort est vainqueur* » (Livre 4, III « Trois ans après », vers 81-82). Ou encore : « *Puisque mon cœur est mort, j'ai bien assez vécu* » (Livre 4, XIII, « Veni, Vidi, Vixi », vers 12).

Dès le paragraphe 1 de la Préface, Nietzsche parle d'une sorte de résurrection, d'un temps de réjouissance qui succède à une période de longue privation et de longue impuissance. Est survenu l'événement « inespéré » entre tous : la renaissance d'un homme qui guérit. Nietzsche sous-entend donc que ce renouveau intérieur, cette force de vivre retrouvée n'avait rien de « facile », de « naturel » et d'évident.

### L'importance de la volonté

Si, au cœur du mal, la force de vivre demeure, ce n'est pas d'abord grâce à une pulsion naturelle ou à l'aide des autres, comme le propos d'Alain l'affirme (« *On ne donne aux gens que l'espoir que l'on a (...) Cette force de vie vous fera oublier le pauvre homme ; eh bien, c'est cette force de vie qu'il faudrait lui donner* »), mais grâce un effort impérieux de la volonté.

Hugo n'a de cesse de dire que vivre n'est pas une inclination de la nature, mais une affirmation constante de la volonté. Dans le célèbre « Demain, dès l'aube » (Livre IV, poème XIV), le recueillement devant la tombe de Léopoldine ressemble à un véritable pèlerinage. Les verbes d'action saturent le texte : « *Je partirai* », « *J'irai par la forêt* », « *J'irai par la montagne* », « *Je marcherai* », « *Je ne regarderai* », « *descendant vers Harfleur* », « *J'arriverai* », « *Je mettrai sur ta tombe* ». . . (Livre IV, poème XIV). Hugo énonce clairement que résister à l'épreuve n'est pas une chose inscrite dans la vie, mais suppose un acte de volonté et témoigne de la force morale du sujet : « *Le grand choix, c'est de choisir l'affront* » (Livre V, poème XXVI « Les malheureux », vers 220).

Pour Nietzsche, ce n'est pas d'abord l'autre qui nous donne la force de vivre. Ce n'est pas non plus une tendance simple et naturelle. C'est au contraire le fruit d'un acte de volonté qui s'affirme de façon impérieuse et qui se renouvelle sans cesse lui-même. Le paragraphe 318 décrit les deux grandes attitudes que les hommes adoptent dans l'épreuve de la douleur : la première, la plus naturelle et plus facile est la fuite. Nietzsche compare l'attitude de la plupart des hommes à celle des animaux qui fuient — tels les singes évoqués au paragraphe 316 qui sentent l'arrivée du mauvais temps et se cachent. Seuls les hommes forts font preuve de volonté et résistent à cette attitude naturelle, spontanée et animale. La volonté s'oppose au mouvement de la vie au sens de la survie. Vouloir, c'est vouloir faire « plus » que vivre, c'est vouloir en quelque sorte vivre « au-dessus » de la vie.

Dans les textes de *La Supplication*, la volonté intervient très souvent. La vie n'est pas une tendance naturelle, mais le fruit de l'affirmation de la volonté. Par exemple, lors du monologue d'Anna (« Monologue d'un village », La Terre des morts, page 61) : « *Il faut vivre ! (...) Il faut vivre...* ». Dans le dernier témoignage, celui de Valentina, qui raconte comment elle a survécu à l'agonie de son mari, la volonté de vivre apparaît comme une sorte de miracle, extraordinaire et non naturel : « *J'ignore*

*comment j'ai pu revivre. Je l'ai voulu. (...) Je ne comprends pas comment je suis restée en vie* » (« Une autre voix solitaire », Conclusion, page 237).

Que faut-il alors faire ? Comment dépasser la souffrance, s'il n'est ni naturel ni spontané de le faire et si même la pitié que nous inspire l'autre est à proscrire ? Si c'est par l'effort de notre seule « volonté » que l'on triomphe du mal et qu'on croit encore en la vie, comment faire cet effort ? Comment vouloir ? Et d'autre part, par quoi cette volonté cette volonté de vivre se manifeste-t-elle ?

#### 8.4 Les facteurs que ceux énoncés par Alain (les épreuves ; le temps ; le consentement à ce qui est) sont à l'origine de la force de vie

Pour l'essentiel, les œuvres dépassent les propos du philosophe : pour acquérir cette précieuse force de vie en effet, il ne suffit pas de solliciter seulement une sorte d'élan naturel ou l'appui des autres ; mais de laisser agir le temps en nous, de surmonter les épreuves par la création et enfin de consentir sans cesse et comme par avance à la totalité de ce qui est.

##### Le temps

Bien plus que les autres ou l'élan spontané de la vie, c'est le temps qui, en nous, fait son œuvre. En lieu et place de cet élan ou des autres, les auteurs mettent très souvent l'accent sur l'œuvre du temps. Dans toute reconstruction intérieure, il faut accorder du temps au temps.

Le facteur temps intervient régulièrement dans les témoignages de *La Supplication*. Dans le « Monologue d'un témoin qui avait mal aux dents... » (La Couronne de la création, page 98), chargé d'« enterrer la forêt », le bienfait du processus du temps est mis en avant : « Chez nous, la victoire n'est pas un événement, mais un processus. La vie est une lutte ». Très souvent, les témoins insistent pour dire que nous sommes comme traversés de l'intérieur par le temps. C'est par le temps que le traumatisme s'instaure, mais c'est aussi par le temps que nous nous réparons : « Nous sommes comme des « boîtes noires », les enregistreurs de vol des avions... « Des hommes-boîtes »... Nous pensons vivre, parler, manger, faire l'amour... En fait, nous enregistrons l'information ! » (« Le chœur populaire », La Couronne de la création, page 150).

Les poèmes d'Hugo insistent également sur l'importance de la durée dans le retour à la vie. Que les dates des poèmes soient précises, approximatives ou fictives, l'intention d'Hugo est bien d'indiquer qu'il y a un temps pour tout. Il y a même un jour pour tout. Le livre IV des *Contemplations* s'ouvre sur le mariage de Charles et de Léopoldine ; il est suivi par une page blanche daté du 4 septembre 1843, jour de la disparition de sa fille et de son mari ; puis vient le poème intitulé « Trois ans après ». Le livre V, s'ouvrant sur une autre période davantage tournée vers le futur, a pour titre : « En Marche ». L'importance du temps est évoquée dans le poème III du Livre V « Écrit en 1846 ». Hugo y parle d'une « seconde âme en nous qui se greffe à la première » (vers 106) et en conclut : « J'ai grandi » (vers 137). « La vie en larmes m'a doucement corrigé » (vers 169).

L'œuvre de Nietzsche est également tout entière datée. Le moment de la résurrection est décrit dans une préface écrite près de Gènes, à l'automne 1886. Et quant au livre IV, il a pour titre « Saint janvier » et s'ouvre sur un lieu : encore Gènes ; et une date : Janvier 1882. Quant au premier paragraphe qui ouvre la partie, il a pour titre « Pour la nouvelle année ». Nietzsche évoque explicitement le rôle du temps dans le renouveau intérieur au paragraphe 283 (« Hommes préparatoires ») : il parle d'un « âge » viril et guerrier qui doit ouvrir sur une « âge encore supérieur ». La durée est transformatrice, rédemptrice.

##### Le dépassement de l'épreuve par la création

En lieu et place des « autres » qui nous communiqueraient, selon Alain, leur « force de vie », nos trois œuvres placent la souffrance. C'est la vie d'abord, dans les épreuves qu'elle nous fait traverser, qui nous éduque et nous grandit. C'est paradoxalement en étant affaibli par le sort qu'on tire de la force.



Le salut est dans l'épreuve. Cette thèse est, dans les œuvres, tout à fait centrale. Mais si l'épreuve est traversée, elle est surtout dépassée ou surmontée par la création.

Nietzsche considère que si le temps fait son œuvre, c'est d'abord parce qu'il rend possible la traversée de la souffrance. On connaît la formule qui ouvre *Le crépuscule des idoles* : « Ce qui ne me fait pas mourir me rend plus fort ». Dans *Le Gai Savoir*, Nietzsche ne cesse d'affirmer que c'est en traversant les épreuves qu'on acquiert de nouvelles forces. Le salut gît dans le suprême danger. Dès le paragraphe 3 de la *Préface*, il proclame : « *Seule la grande douleur est l'ultime libératrice de l'esprit* ». Toute douleur nous « *approfondit* », nous aide à nous voir en profondeur et ne plus vivre en surface. Ou encore : « *Le chemin qui mène au ciel passe toujours par la volupté de notre propre enfer* » (paragraphe 338). Mais c'est bien par la création elle-même que Nietzsche parvient à dépasser l'épreuve. L'ensemble du *Gai Savoir* est placé sous le signe du grand retour, de la grande santé. L'écriture de Nietzsche elle-même est vivante et vivifiante : elle se présente comme une explosion d'aphorismes ; souvent poétiques ; nourris de sentences et d'interpellations au lecteur (Nietzsche dit souvent « nous ») ; de métaphores (d'animaux comme le lion et l'aigle du paragraphe 314) ; de mythes (comme celui de l'éternel retour au paragraphe 341 et de Zarathoustra au paragraphe 342) et de références à de nombreux mythes grecs. Nietzsche lui-même réserve un paragraphe (le paragraphe 298) pour dire que, souvent, le langage « broie » le réel, le tue. Or, l'écriture nietzschéenne tente, par les mots mêmes, de témoigner de lui, tout en évitant précisément de le disséquer.

Nous retrouvons cette thèse dans les poèmes d'Hugo, et ce à maintes reprises. La souffrance – si et seulement si on ne s'en console pas à bons comptes – mais on l'endure et la traverse – est seule rédemptrice :

« *L'étreinte de cette agonie* » (Livre IV, poème XVII « Charles Vacquerie », vers 36) ;

« *Dieu vous fait des rayons de toutes nos ténèbres* » (Idem, poème I « A Auguste Vacquerie », vers 27).

« *Qu'est-ce qu'un papillon ? Le déserteur du ver* » (Idem, poème III « Ecrit en 1846, vers 348).

« *L'aube sort de la nuit* » (Idem, poème VII « Pour l'erreur, éclairer. . . », vers 3).

« *La joie est le fruit du grand arbre douleur* » (Idem, poème XXVI « Les malheureux », vers 111).

Mais, là aussi, c'est par l'écriture, et notamment comme on le voit dans ces extraits, par les métaphores, les images qui épousent si bien les mouvements de l'âme, que le poète dit et par là célèbre en quelque sorte sa souffrance. Le livre IV des *Contemplations* représente même une sorte de sépulture de mots dressée en l'honneur de Léopoldine. Parfois, il arrive que le poète ne dise rien ou presque rien (c'est le cas bien-sûr de la page blanche du 4 Septembre 1843 et des deux petits poèmes II et X) ; rappelant étrangement, par certains côtés, le Journal de deuil de Roland Barthes, en particulier les quelques lignes écrites les semaines après la mort de sa mère).

De même, dans *La Supplication*, dès le Prologue, dans l'entretien de l'auteure avec elle-même, Alexievitch a cette formule, embrassant l'épreuve : « *Notre histoire est faite de souffrance. La souffrance est notre abri. Notre culte* » (Prologue, page 33). Mais comment rendre un « culte » à cette épreuve ? Comment la dire ? Si la littérature, comme le dit Roland Barthes dans sa *Leçon* au Collège de France, tente de résoudre magiquement « *l'inadéquation fondamentale du langage et du réel* », comment mettre des mots sur cette catastrophe incompréhensible sans la démembrer de l'intérieur ? Alexievitch y parvient en créant une œuvre sans en « faire » une. Elle parle sans parler et en faisant parler. Il ne parle au nom de personne, ne revendique rien et n'explique rien. Elle tente de manifester ce qui est sans rien ajouter, sans rien « noircir » (ni les pages, ni le réel). Elle écrit sans écrire puisque les monologues, certes écrits sont aussi dits. Ils ne sont d'ailleurs pas seulement dits isolément, mais se font mutuellement écho. Par là, ils acquièrent une sorte de « double vie » : ils paraissent vivants comme leurs auteurs et comme soutenus par l'ensemble des monologues. Aussi *La Supplication* est-elle un chœur, un chœur de petites voix (comme dirait le poète. . .) mais qui finissent, ensemble, à être une mélodie aussi vivante que la vie elle-même. Le langage mobilisé dans *La Supplication* n'est pas un langage rationnel ou idéologique, mais un langage proche du chant ou de la proclamation, qui n'est pas sans rappeler celui du chœur tragique, notamment chez Eschyle (on comprend alors l'importance des répétitions dans ce texte hors

norme). *La Supplication* représente une des très rares tentatives de mises en mot d'une expérience collectivement traumatisante, un « roman de voix » (selon l'expression de l'auteure) qui n'est pas un roman. Alexievitch a tenté de présenter « une image, un rythme » selon le nombre de « versions » de l'expérience de la catastrophe et leurs « entrecroisements » (selon les mots mêmes de l'auteure dans *La Guerre n'a pas un visage de femme*).

### Le consentement

Enfin, alors qu'Alain ne mentionne que la nécessité de « voir l'avenir en beau », les auteurs insistent, non pas d'abord sur l'importance du futur, mais sur le présent. Il nous faut, non d'abord nous donner des projets, mais consentir pleinement à ce qui est. La force de vie est à ce prix. Elle se confond avec un consentement de tous les instants.

Toute la pensée de Nietzsche s'articule sur l'invitation à l'*amor fati*. La force de vivre réside tout entière, non pas seulement dans le fait de croire en l'avenir, mais dans la disposition constante à accepter ce qui est et que tout ce qui est devient. L'*amor fati* ne va pas sans consentement au devenir : « Je veux apprendre toujours plus à voir dans la nécessité des choses le beau : je serai ainsi l'un de ceux qui embellissent les choses. *Amor fati* : que ce soit dorénavant mon amour ! (...) Et somme toute, en toutes circonstances, n'être plus qu'un homme qui dit oui ! » (paragraphe 276).

Dans *La Supplication*, nombre de témoins disent consentir/ tolérer/ accepter la catastrophe et surtout disent accepter de ne pas comprendre ce qui leur est tombé sur la tête. Par exemple, dans le « Monologue sur ce que saint François prêchait aux oiseaux », on lit : « Je suis encore incapable de comprendre tout à fait. Je n'ai rien lu de tel nulle part... » (La Couronne de la création, page 115). Les témoins traduisent souvent cela par ce qu'ils appellent le besoin de « philosopher » : ils ont besoin de comprendre en sachant par avance qu'ils ne comprendront jamais. La catastrophe ne sera jamais « prise » par leur intelligence, « contenue » en eux. Par exemple : « J'ai envie de philosopher. Tous ceux avec qui je parle de Tchernobyl ont envie de philosopher » (« Monologue sur ce regret du rôle et du sujet », La Couronne de la création, page 135). Victor Latoun, un photographe, l'exprime aussi avec force à la fin de son témoignage : « Nous sommes des métaphysiciens... Nous ne vivons pas sur terre, mais dans un monde de rêves et de bavardages. Il nous faut toujours ajouter quelque chose à la vie quotidienne pour la comprendre. Même quand on frôle la mort... » (« Monologue sur ce qu'il faut ajouter à la vie quotidienne pour la comprendre », Admiration de la tristesse, page 193-194). Après l'agonie de son mari, dans l'ultime témoignage, Valentina proclame, en portant un regard rétrospectif sur son épreuve : « Comme j'étais heureuse ! Même si quelqu'un de là-haut, des étoiles, m'avait dit ce qui allait se passer, je n'aurais rien changé... » (« Une autre voix solitaire », Conclusion, page 243).

Hugo insiste, pour sa part, à de nombreuses reprises, sur la nécessité de consentir au fatum, à ce qui nous est donné de vivre. C'est notamment le cas du poème XV « A Villequier » : « Je conviens qu'il est bon, je conviens qu'il est juste/ Que mon cœur ait saigné, puisque Dieu l'a voulu ! »/ Je ne résiste plus à tout ce qui m'arrive » (vers 35-37). Puis : « Puisque ces choses sont, c'est qu'il faut qu'elles soient ; / J'en conviens, j'en conviens ! » (vers 55-56).

### Conclusion

Bilan des trois parties ; et évidemment de l'ultime partie qui constitue la réponse. En ouverture, on peut par exemple mettre les propos d'Alain en parallèle avec les lignes consacrées à la pitié dans le roman de Balzac, *La Peau de chagrin*. Alors que Raphaël agonise (pour avoir satisfait trop de désirs et avoir contribué ainsi au rétrécissement irréversible de la fameuse peau...), il « subit » une pitié qui l'enfoncé encore plus. Aussi Balzac écrit-il : « Le sentiment que l'homme supporte le plus difficilement est la pitié, surtout quand il la mérite. (...) La pitié tue, elle affaiblit encore notre faiblesse. C'est le mal devenu patelin, c'est le mépris dans la tendresse, ou la tendresse dans l'offense ». Le passage est reproduit dans son intégralité en [annexe 2](#), il fournit une « antithèse » à la pensée de Rousseau.

Bien-sûr, cette analyse critique d'une pitié mortifère, triste et qui ne communique que de la tristesse ne saurait écarter toute empathie salutaire. Si nous devons éviter de confirmer l'autre dans sa faiblesse en ne portant sur lui qu'un regard de pitié, il existe une compassion humaine, optimiste faite d'espérance

et d'amour. Les œuvres au programme, témoignant de la souffrance des hommes, nous aident à mesurer ce qui nous unit à eux et contribuent à ouvrir le champ de nos préoccupations bien au-delà de notre petite personne.

## 8.5 Annexe 1 : La pitié selon Rousseau

« Il y a d'ailleurs un autre Principe que Hobbes n'a point aperçu et qui, ayant été donné à l'homme pour adoucir, en certaines circonstances, la férocité de son amour-propre, ou le désir de se conserver avant la naissance de cet amour, tempère l'ardeur qu'il a pour son bien-être par une répugnance innée à voir souffrir son semblable. Je ne crois pas avoir aucune contradiction à craindre, en accordant à l'homme la seule vertu Naturelle, qu'ait été forcé de reconnaître le Détracteur le plus outré des vertus humaines. *Je parle de la Pitié, disposition convenable à des êtres aussi faibles, et sujets à autant de maux que nous le sommes ; vertu d'autant plus universelle et d'autant plus utile à l'homme qu'elle précède en lui l'usage de toute réflexion, et si Naturelle que les Bêtes mêmes en donnent quelquefois des signes sensibles.* Sans parler de la tendresse des Mères pour leurs petits, et des périls qu'elles bravent pour les en garantir, on observe tous les jours la répugnance qu'ont les Chevaux à fouler aux pieds un corps vivant ; un animal ne passe point sans inquiétude auprès d'un animal mort de son Espèce ; il y en a même qui leur donnent une sorte de sépulture ; et les tristes mugissements du Bétail entrant dans une Boucherie, annoncent l'impression qu'il reçoit de l'horrible spectacle qui le frappe. On voit avec plaisir l'auteur de la Fable des Abeilles, forcé de reconnaître l'homme pour un Être compatissant et sensible (...).

*Tel est le pur mouvement de la Nature, antérieur à toute réflexion : telle est la force de la pitié naturelle, que les mœurs les plus dépravées ont encore peine à détruire, puisqu'on en voit tous les jours dans nos spectacles s'attendrir et pleurer aux malheurs d'un infortuné (...).*

Mandeville a bien senti qu'avec toute leur morale les hommes n'eussent jamais été que des monstres, si la Nature ne leur eût donné la pitié à l'appui de la raison : mais il n'a pas vu que de cette seule qualité découlent toutes les vertus sociales qu'il veut disputer aux hommes. *En effet, qu'est-ce que la Générosité, la Clémence, l'Humanité, sinon la Pitié appliquée aux faibles, aux coupables, ou à l'espèce humaine en général ? La Bienveillance et l'amitié même sont, à le bien prendre, des productions d'une pitié constante, fixée sur un objet particulier : car désirer que quelqu'un ne souffre point, qu'est-ce autre chose, que désirer qu'il soit heureux ?* Quand il serait vrai que la commisération ne serait qu'un sentiment qui nous met à la place de celui qui souffre, sentiment obscur et vif dans l'homme Sauvage, développé, mais faible dans l'homme Civil, qu'importerait cette idée à la vérité de ce que je dis, sinon de lui donner plus de force ? En effet, la commisération sera d'autant plus énergique que l'animal Spectateur s'identifiera plus intimement avec l'animal souffrant : Or il est évident que cette identification a dû être infiniment plus étroite dans l'état de Nature que dans l'état de raisonnement. *C'est la raison qui engendre l'amour-propre ; et c'est la réflexion qui le fortifie ; c'est elle qui replie l'homme sur lui-même ; c'est elle qui le sépare de tout ce qui le gêne et l'afflige : c'est la Philosophie qui l'isole ; c'est par elle qu'il dit en secret, à l'aspect d'un homme souffrant, péris si tu veux, je suis en sûreté.* Il n'y a plus que les dangers de la société entière qui troublent le sommeil tranquille du Philosophe, et qui l'arrachent de son lit. On peut impunément égorger son semblable sous sa fenêtre ; il n'a qu'à mettre ses mains sur ses oreilles et s'argumenter un peu pour empêcher la Nature qui se révolte en lui de l'identifier avec celui qu'on assassine. L'homme Sauvage n'a point cet admirable talent ; et faute de sagesse et de raison, on le voit toujours se livrer étourdiment au premier sentiment de l'Humanité. (...).

*Il est donc certain que la pitié est un sentiment naturel, qui modérant dans chaque individu l'activité de l'amour de soi-même, concourt à la conservation mutuelle de toute*

*l'espèce. C'est elle qui nous porte sans réflexion au secours de ceux que nous voyons souffrir : c'est elle qui, dans l'état de Nature, tient lieu de Lois, de mœurs, et de vertu, avec cet avantage que nul n'est tenté de désobéir à sa douce voix : c'est elle qui détourna tout Sauvage robuste d'enlever à un faible enfant, ou à un vieillard infirme, sa subsistance acquise avec peine, si lui-même espère pouvoir trouver la sienne ailleurs : c'est elle qui, au lieu de cette maxime sublime de justice raisonnée : Fais à autrui comme tu veux qu'on te fasse, inspire à tous les Hommes cette autre maxime de bonté naturelle bien moins parfaite, mais plus utile peut-être que la précédente. Fais ton bien avec le moindre mal d'autrui qu'il est possible. C'est en un mot dans ce sentiment Naturel, plutôt que dans des arguments subtils, qu'il faut chercher la cause de la répugnance que tout homme éprouverait à mal faire, même indépendamment des maximes de l'éducation.* Quoiqu'il puisse appartenir à Socrate, et aux Esprits de sa trempe, d'acquérir de la vertu par raison, il y a longtemps que le Genre humain ne serait plus, si sa conservation n'eût dépendu que des raisonnements de ceux qui la composent.

J. J. Rousseau, *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes*, Flammarion, 2008, Première Partie, page 95 à 98.

## 8.6 Annexe 2 : La pitié selon Balzac

*Le sentiment que l'homme supporte le plus difficilement est la pitié, surtout quand il la mérite.* La haine est un tonique, elle fait vivre, elle inspire la vengeance ; mais la pitié tue, elle affaiblit encore notre faiblesse. C'est le mal devenu patelin, *c'est le mépris dans la tendresse, ou la tendresse dans l'offense.* Raphaël trouva chez le centenaire une pitié triomphante, chez l'enfant une pitié curieuse, chez la femme une pitié tracassière, chez le mari une pitié intéressée ; mais, sous quelque forme que ce sentiment se montrât, il était toujours gros de mort. Un poète fait de tout un poème, terrible ou joyeux, suivant les images qui le frappent ; son âme exaltée rejette les nuances douces et choisit toujours les couleurs vives et tranchées. Cette pitié produisit au cœur de Raphaël un horrible poème de deuil et de mélancolie. (...) Le terrible : *Frère, il faut mourir*, des trappistes, semblait constamment écrit dans les yeux des paysans avec lesquels vivait Raphaël ; il ne savait ce qu'il craignait le plus de leurs paroles naïves ou de leur silence ; tout en eux le gênait.

Honoré de Balzac, *La Peau de chagrin*, Folio Gallimard, 2003, « L'agonie », page 286.





