



# RAPPORT SUR LES ÉPREUVES ÉCRITES

## CONCOURS 2019

### Observations des correcteurs

Version 2

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

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.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/)



# Table des matières

Avant Propos .....	5
1. MATHÉMATIQUES .....	11
1.1. Remarques générales .....	11
1.2. Mathématiques I — MP .....	11
1.3. Mathématiques II — MP .....	13
1.4. Mathématiques I — PC.....	19
1.5. Mathématiques II — PC.....	22
1.6. Mathématiques I — PSI.....	25
1.7. Mathématiques II — PSI.....	26
2. PHYSIQUE .....	33
2.1. Remarques générales.....	33
2.2. Physique I — MP .....	34
2.3. Physique II — MP .....	36
2.4. Physique I — PC.....	38
2.5. Physique II — PC.....	41
2.6. Physique I — PSI .....	45
2.7. Physique II — PSI .....	46
3. CHIMIE.....	49
3.1. Remarques générales.....	49
3.2. Filière MP.....	49
3.3. Filière PC.....	51
3.4. Filière PSI .....	61
4. INFORMATIQUE.....	63
4.1. Informatique pour tous .....	63
4.2. Informatique option — filière MP .....	66
5. SCIENCES INDUSTRIELLES .....	69
5.1. Introduction.....	69
5.2. Épreuve écrite — filière MP .....	72
5.3. Épreuve écrite — filière PSI.....	74
6. FRANÇAIS.....	77
7. LANGUES VIVANTES .....	93

7.1.	Anglais .....	93
7.2.	Allemand.....	97
7.3.	Espagnol .....	101
7.4.	Arabe .....	103
7.5.	Russe.....	107
7.6.	Italien.....	111



## Avant Propos

Élèves et enseignants des classes préparatoires aux grandes écoles d'ingénieurs, ce rapport sur les épreuves écrites de la session 2019 du Concours commun Mines Ponts (CCMP) vous est avant tout destiné. Ses rédacteurs, correcteurs, ont formulé des conseils pratiques.

Aussi, la lecture attentive de ce document pendant les années de classes préparatoires doit conduire à éviter les erreurs trop souvent observées à l'écrit. Elle doit également permettre de comprendre l'esprit du concours, ce qui est attendu par les correcteurs selon les directives des Écoles du CCMP. Il est donc souhaitable d'en prendre connaissance le plus tôt possible.

Avant de parcourir chacune des épreuves par matière et par filière, voici quelques conseils généraux capitalisés lors des derniers concours et de la dernière édition de 2019.

### **I. ORIENTATIONS POUR LA SESSION 2020**

Le CCMP organisera en 2020 le recrutement dans les filières MP, PC, PSI des 10 Grandes Écoles du Concours. 1402 places sont offertes pour ces 3 filières, qui recrutent toutes de très hauts niveaux scientifiques et sont toutes dans le Top 25 du classement des revues spécialisées.

D'autres concours utilisent les épreuves écrites du CCMP. Ces concours constituent, avec le CCMP, la Banque Mines Ponts. Il s'agit des concours TPE/EIVP, 250 places offertes environ, et du Concours Mines-Télécom, qui offrira 1250 places en 2020.

Au total, la Banque Mines-Ponts offrira 2900 places en écoles d'ingénieurs dans ces 3 filières. Par ailleurs, le concours Centrale-Supélec utilise également les épreuves écrites du CCMP pour le recrutement de son cycle international.

J'invite les candidats à se renseigner sur les écoles du Concours commun Mines Ponts et les écoles des concours adhérents à la Banque Mines Ponts.

Les informations concernant le Concours, y compris la notice 2020, peuvent être consultées sur le site :

<https://www.concoursminesponts.fr>

Une bonne connaissance de la notice 2020 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, avec les correcteurs et les examinateurs, a pour ambition de permettre aux candidats de mettre en avant leurs qualités dans le respect de l'équité dans l'évaluation. La multiplicité des épreuves et la pratique de l'interclassement à l'oral favorisent l'équité dans la sélection des meilleurs.

Les épreuves écrites, réparties sur trois jours, permettent aux candidats d'exposer leurs raisonnements.

Par rapport aux notes en classes préparatoires, la notation ne juge pas la qualité d'une copie mais permet de comparer les candidats entre eux et de les classer.

En 2020, outre l'élargissement comme en 2019 de la période d'établissement de la liste de vœux de février à juillet, de façon à inciter les candidats à réfléchir à leur choix et à prendre le temps de se renseigner sur les écoles et les débouchés de carrière qu'elles offrent, l'ensemble des concours a décidé de repousser la clôture des vœux au 27 juillet 12 h, après la publication des résultats d'admission.

Nous espérons ainsi que les candidats ajusteront au mieux leurs vœux hiérarchisés en fonction de leurs préférences personnelles et de leurs résultats.

## **II. QUATRE CONSEILS GÉNÉRAUX**

Le CCMP constituant une banque de notes pour de nombreuses autres écoles d'ingénieurs, ce sont près de 16 000 candidats qui passent l'écrit.

Par rapport aux notes en classes préparatoires, la notation ne juge pas la qualité d'une copie, mais permet de comparer les candidats entre eux et de les classer.

Les conseils et commentaires des correcteurs des épreuves écrites sont donc à analyser au regard d'un panel plus large que celui des seuls candidats au CCMP.

La plupart des remarques, classiques parce que répétées chaque année, restent importantes pour tirer le meilleur parti du travail en classe préparatoire et sont regroupées sous quatre conseils.

### **1 — APPRENEZ LE COURS !**

C'est ce que répètent correcteurs. Les résultats d'un cours (théorèmes, application de méthodes, etc.) dépendent d'un contexte qui a été intelligemment étudié et utilisé. Mettez en valeur le contexte avant l'utilisation d'un résultat de cours. Citez les conditions d'utilisation avant d'utiliser des outils dans la réponse proposée.

Dans les matières scientifiques et dans les matières littéraires, l'enseignement prodigué en classes préparatoires intègre les acquis du secondaire. La révision de formules, de certains principes fondamentaux et méthodes de résolution, de règles grammaticales en langues, est nécessaire pour bâtir une compétence sur des bases solides et pérennes.

### **2 — SOYEZ CLAIRS ET HONNÊTES !**

Ainsi, une copie bien présentée est le fruit d'une vision claire de la solution. Qualité de la rédaction, orthographe correcte, présentation claire sont indispensables. La note finale, quelle que soit la discipline, reflètera très souvent ces aspects. La négligence ne paie pas.

Reviennent ensuite dans les commentaires pour l'écrit dans les disciplines scientifiques, le manque d'honnêteté intellectuelle, le manque de concrétisation par des schémas, le manque de clarification.

Quelle que soit la formulation, le jury recommande de ne pas tenter de développer une réponse, si en son for intérieur, le candidat voulant remplir sa copie sait manifestement qu'il n'a pas compris ce qui était demandé.

Admettre le résultat d'une question est préférable à de longs gribouillis inutiles, ou à une simulation d'une évidence qui n'existe pas. La production de schémas, l'encadrement des résultats, la vérification de l'homogénéité d'une formule littérale prouve un sens indéniable de l'organisation.

### **3 — EXPRIMEZ-VOUS AVEC RIGUEUR !**

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. Le métier d'ingénieur exige une clarification des besoins, suivie de propositions de méthodes ou de stratégies pour résoudre ce ou ces besoins.

#### 4 — RÉFLÉCHISSEZ ET ORGANISEZ-VOUS !

Le métier d'ingénieur ou les métiers dans les domaines scientifiques, voire économiques, exigent de grandes qualités parmi lesquelles figurent en premier lieu les capacités de réflexion et d'organisation.

Produire du « sens » plutôt que du « flux » révèle son niveau d'abstraction et donc son niveau de réflexion. Démontrer, convaincre, argumenter ne peut pas se faire sans organisation.

Ces conseils sont aussi valables pour les langues vivantes. Les carences linguistiques, l'absence de réflexion, le hors sujet, le manque de concision, sont pénalisés. L'absence de réflexion et d'organisation est toujours prise en compte, quel que soit le niveau en langue. Organiser une introduction sur le texte proposé, élaborer un résumé autour d'un fil conducteur et structurer son commentaire sont des étapes indispensables.

Pour l'écrit de français, si la mémoire est requise, le niveau de réflexion doit être démontré par une organisation de la copie. Apprendre des paragraphes par cœur et les servir mécaniquement démontre une absence de réflexion, d'autant que les correcteurs perçoivent souvent dans ce cas une désorganisation de ces « copier-coller ».

J'ajoute à cet avant-propos deux témoignages éclairants d'intégrants :

*J'ai passé le concours commun Mines-Ponts, car toutes les écoles du concours correspondaient à mes ambitions. Le format du concours « une seule inscription pour 10 écoles » est vraiment pratique : il maximise nos chances d'intégrer un établissement. En passant seulement une seule série d'épreuves écrites et un oral unique, on concentre vraiment ses efforts. J'ai eu du temps pour réfléchir à l'école que je désirais. Attention tout de même, toutes les matières sont exigeantes. Au final, en se préparant régulièrement, en maîtrisant les exercices d'application et en connaissant parfaitement ses cours, l'admissibilité est à portée de main. Je l'ai donc décrochée grâce au bon niveau que j'avais obtenu en classe préparatoire. J'ai tout donné ensuite pour réussir mes oraux, et décrocher mon premier choix d'école.*

*Eulalie, 20 ans  
Mines Nancy*

*Le concours dans son ensemble est réputé exigeant, ce que je ne démentirai pas. En revanche c'est aussi celui dont les épreuves m'ont le plus intéressé. Les sujets d'écrits balayaient une grande partie du programme ; ils requièrent de la prise d'initiatives, de la réflexion et de la combativité. À l'oral, la prise d'initiative est encore plus importante. C'est ce que j'ai préféré pour ma part.*

*Augustin, 20 ans.  
École des Ponts*

Par conclure, je souligne que le jury note que la majorité des candidats semble plutôt bien préparée à l'épreuve orale puisque le dialogue, l'écoute, le volontarisme pour chercher et résoudre les exercices proposés sont assez présents. Mais certains candidats méconnaissent

les principes de base d'une épreuve orale : c'est pourquoi le jury insiste toujours auprès des futurs candidats sur la nécessité de lire ce rapport !

Avec les membres du jury, j'encourage bien sincèrement les candidats pour leur préparation au concours 2020 et j'espère qu'ils pourront révéler le meilleur d'eux-mêmes !

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 examinateurs apprécient assez peu de se voir confrontés à un jeu de piste !

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

### 1.2. Mathématiques I — MP

Le problème qui portait sur l'analyse et les probabilités avait pour but de déterminer un équivalent de la somme d'une série entière, puis d'appliquer ce résultat à l'équation d'Airy. Les candidats ont été déstabilisés par le sujet, principalement par l'ordre des questions, puisque le même sujet, posé dans un ordre différent en filières PSI et PC, a donné de bien meilleurs résultats.

La question préliminaire consistait en la détermination des rayons de convergence de deux séries entières. Pour la première il fallait appliquer la règle de D'Alembert et de simplifier correctement des factorielles. Pour la deuxième, il fallait constater que la série était convergente pour toute valeur de  $z$  d'après ce qui précédait. Malheureusement, la majorité des candidats a préféré appliquer encore une fois la règle de D'Alembert, pour un résultat qui se réduisait en général à des ratures.

La question 2 a été abordée par tous, avec plus ou moins de succès au niveau des calculs et de la rigueur de rédaction, elle a bien départagé les candidats. Notons que l'apparition d'une partie entière provoque toujours des blocages.

À la question 3, la première partie était une question ouverte avec un calcul un peu technique, trop pour un début de problème, puisque moins d'un quart des candidats arrivait à la bonne réponse. La fin de la question, très difficile, n'a quasiment jamais été traitée correctement.

Les questions 4 et 5 ont été peu abordées, par exemple avec des sommes d'équivalents. Les correcteurs ont eu l'impression que beaucoup de candidats jetaient l'éponge et n'essayaient même pas les questions 6 et 7, dans lesquelles on trouvait pourtant des techniques étudiées en classes préparatoires.

On retrouvait une proportion correcte de candidats qui ont traité la question 8 qui consistait à appliquer l'inégalité de Bienaymé-Tchebicheff. Les difficultés sont venues de la loi de Poisson. L'espérance et la variance d'une variable aléatoire qui suit une loi de Poisson sont explicitement au programme des classes préparatoires, donc, sauf demande précise de l'énoncé, on peut directement utiliser le résultat sans refaire le calcul... ce qui évitait au mieux, une perte de temps, au pire, un résultat faux.

Dans la majorité des copies, la question 8 était la seule de la partie probabiliste à être abordée, les encadrements de la question 9 étaient un peu trop techniques et la question 10 n'avait pas beaucoup de succès non plus, probablement à cause du calcul un peu compliqué qui conduisait à une application du théorème de transfert.

Curieusement l'argument pourtant très classique de la famille de polynômes 1 échelonnée en degré était peu évoqué, les questions 11 et 12 n'étant abordées que dans les très bonnes copies.

À partir de la question 13, on retrouvait des thèmes classiques des classes préparatoires, et on aurait pu s'attendre à ce que les candidats en profitent pour rebondir. Cela n'a été le cas que pour une minorité d'entre eux.

À la question 13, on retrouvait les problèmes de calcul avec des factorielles du début du problème, mais les meilleurs candidats ont traité correctement la question.

La réponse (ou plutôt l'absence de réponse) à la question 14 a considérablement surpris les correcteurs dans la mesure où la série étudiée a été vue par la quasi-totalité des élèves des classes préparatoires.

On peut faire la même constatation avec la question suivante, qui est une question de cours. À part un blocage provoqué par les questions difficiles des parties précédentes, on ne voit pas comment expliquer les résultats extrêmement faibles de cette question, peu abordée et très mal traitée. Rappelons à cette occasion que l'application d'un théorème ne se réduit pas à citer le nom d'un mathématicien (même si c'est le baron Cauchy), mais à vérifier des hypothèses et à en déduire une conclusion. Et dans plus de la moitié du petit nombre de copies dans lesquelles la question était abordée, les hypothèses manquaient.

La question 16 consistait à rechercher une série entière solution d'une équation différentielle. Les deux dernières questions n'ont été abordées de manière significative que par quelques candidats.

Dans ce problème, les candidats étaient plutôt préparés à traiter la fin du problème que le début, sans qu'il soit question de grappillage puisqu'il avait plusieurs questions à la suite relevant de thèmes classiques des classes préparatoires. L'excellent travail de préparation fait par les professeurs de prépa qui permet en général à leurs élèves de repérer les parties d'un sujet à aborder en priorité a trouvé ses limites avec ce problème, peut être aussi avec des élèves habitués à tout obtenir tout de suite. Il faudra en tenir compte pour les futurs sujets de concours.

### 1.3. Mathématiques II — MP

Le théorème spectral est certes moins souvent « spectrale », mais Schwarz et Cauchy sont souvent mal orthographiés. La rédaction est souvent insuffisante : les propriétés utilisées ne sont pas toujours citées, et on a régulièrement vu dix ou vingt lignes de calcul sans aucune explication ni justification. Les erreurs de calcul sont courantes, notamment sur les inégalités, et les raisonnements sont assez souvent incomplets, inachevés, inexacts ou faux, et surtout manquent de plus en plus de simplicité : que de circonvolutions parfois pour établir une propriété qui se déduit aisément d'un argument simple ! Cependant, une bonne partie des candidats s'est battue avec un sujet coriace, aux questions souvent ardues ou calculatoires, comme en témoignent les ratures qui émaillent un grand nombre de copies. Chapeau à ceux qui ont su traiter avec succès la majorité des questions du problème.

Question 1. Bien que la notion de matrice symétrique réelle définie positive ne soit pas au programme, cette question a été abordée avec profit par plus de la moitié des candidats. En effet, nombreux sont ceux qui ont fait le lien entre la matrice et l'intégrale proposée. Toutefois, si l'on ne peut se contenter d'écrire « il est évident que  $H_n$  est symétrique », l'établir ne nécessite pas non plus deux pages de calcul, et il n'est pas non plus pertinent de proposer une démonstration par récurrence. En outre, il est regrettable que les candidats soient si nombreux à traiter systématiquement une somme double comme un produit de Cauchy, ce qui les amène à commettre des erreurs dirimantes dans les indices de sommation. Certains autres ont utilisé le même indice pour les deux sommes. Les correcteurs ont également été frappés par le nombre de candidats qui ne semblent pas capables de maîtriser une somme double pour exprimer  ${}^tX H_n X$  et écrivent des additions avec des pointillés. L'usage généralisé de ceux-ci en lieu et place du symbole de sommation est à proscrire. Du côté de l'intégrale, certains candidats confondent fonction non identiquement nulle et fonction qui ne s'annule pas, ou pensent que le carré d'un polynôme ne peut avoir de racine réelle. Enfin, un argument important manquait souvent dans le caractère défini, à savoir le fait que la nullité de  $\tilde{X}(t)$  sur  $[0, 1]$  implique celle du polynôme  $\tilde{X}$ , celui-ci admettant une infinité de racines.

Question 2. Le sens direct était évident. Nombreux sont les candidats qui ont « démontré » le sens réciproque en simplifiant par  ${}^tX$ , ou en multipliant par l'inverse de  ${}^tX$ , ou en considérant que toute matrice est régulière pour le produit, ou encore en multipliant à gauche les deux membres par  $X$  puis « simplifié » par le *nombre réel*  $X{}^tX$ , parfois après de fortes contorsions dans le discours. Une telle stratégie est vouée à l'échec ; plus le propos est confus, plus le correcteur est à l'affût de la faille dans le raisonnement. Une bonne partie des candidats ont

obtenu le résultat demandé à partir de la diagonalisation de  $H_n$  dans une base orthonormée et de l'inégalité  ${}^tX H_n X \leq \rho_n || X ||^2$ , qu'ils n'ont cependant pas tous établie avant de l'utiliser.

Question 3. L'inégalité demandée ne présentait pas de difficulté particulière, à condition de ne pas oublier de mentionner la positivité des coefficients de  $H_n$ . On a constaté dans cette question de nombreuses inégalités entre vecteurs, notamment  $X \leq | X |$ , ainsi que l'égalité  $| H_n X | = H_n | X |$  « *puisque  $H_n$  est positive* »... Par ailleurs, un certain nombre de candidats ont raisonné avec la notation  $| X_0 |$  comme s'il s'agissait d'une valeur absolue, mais elle n'en a pas toutes les propriétés : en particulier,  $| AB | = | A | | B |$  est faux en général. Par contre il est vrai, et cela se vérifie aisément, que  $| {}^tX_0 X_0 | = | {}^tX_0 | | X_0 |$ . On en déduit rapidement l'inégalité  $| {}^tX_0 | H_n | X_0 | \geq \rho_n || X_0 ||^2$ ; l'inégalité dans l'autre sens est vraie pour tout  $X$  comme on le voit en recourant à la diagonalisation de  $H_n$  dans une base orthonormée, et on conclut avec la question précédente.

Question 4. Cette question simple a été paradoxalement assez mal traitée en général. En particulier, pour certains candidats, le contraire de « aucune coordonnée n'est nulle » semble être « toutes les coordonnées sont nulles ». Il fallait écrire qu'une somme de réels positifs dont l'un au moins est non nul est strictement positive, puis que  $\rho_n$  est strictement positif, pour obtenir les deux résultats demandés.

Question 5. Cette question a donné lieu aux réponses les plus fantaisistes : le plus souvent  $n$ , mais aussi  $n - 1$ , voire même  $n^2$  ! Arrive-t-il aux candidats de penser qu'un sous-espace vectoriel ne saurait avoir une dimension supérieure à celle de l'espace, et que quand elle lui est égale, lui-même est tout l'espace ? N'ont-ils pas lu dans le rapport de l'année dernière ce que nous avons écrit sur les matrices admettant un sous-espace propre de dimension  $n$  ? Ils ne sont pas la moitié à avoir écrit que deux vecteurs non colinéaires de  $V$  ont nécessairement une combinaison linéaire dont au moins une coordonnée est nulle, ce qui contredit le résultat de la quatrième question. Il ne peut donc y avoir deux vecteurs non colinéaires dans  $V$  qui est de ce fait de dimension 1.

Question 6. De nombreux candidats ont « prouvé » l'égalité  $\int_0^1 P(t)dt = \int_0^\pi P(e^{i\theta})ie^{i\theta}d\theta$  en effectuant le changement de variable  $t = e^{i\theta}$ , qui a le gros inconvénient de ne pas être réel ! Et ils ont parfois osé affirmer qu'il est strictement croissant sur  $[0, 1]$  ! Par ce changement de variable, on change de contour dans le plan complexe, et un polynôme étant holomorphe, l'égalité est vraie ; il faut faire avec les outils dont on dispose, intégrer terme à terme les deux intégrales et constater que les résultats sont égaux, si toutefois on ne s'est pas emmêlé les pinceaux dans la parité des indices, si on ne s'est pas trompé dans la primitivation de  $e^{ik\theta}$ , si on n'a pas écrit que  $e^{ik\pi} = 1$ ... La première inégalité demandée s'en déduit aisément. La deuxième s'obtient alors immédiatement en prenant  $P = \tilde{X}^2$  et en utilisant le calcul de l'intégrale de la première question et le fait que l'intégrale sur  $[0, 1]$  d'une fonction positive est inférieure à son intégrale sur  $[-1, 1]$  ; mais ce n'en est pas forcément la moitié, le fait que  $\tilde{X}^2$  soit paire n'étant rien d'autre qu'une légende urbaine.

Question 7. N'était-il pas écrit dans le rapport de l'an dernier que le carré de la somme de réels n'est en général pas inférieur à la somme de leurs carrés ? Et pourtant, cela n'a pas empêché la majorité des candidats ayant abordé cette question de l'affirmer, ce qui simplifiait bien sûr la démonstration de l'inégalité demandée. Quelques-uns ont fait encore plus fort en affirmant que toutes les normes étant équivalentes en dimension finie, on pouvait remplacer le carré de la somme des valeurs absolues par la somme des carrés, puisque ce sont les carrés de deux normes. D'autres encore ont invoqué l'inégalité de Cauchy-Schwarz, voire la convexité de la fonction carrée, pour « justifier » cette inégalité. Il fallait être un peu plus subtil, développer le carré de la somme et vérifier que les doubles produits étaient deux à deux opposés, ou d'intégrale nulle si on utilisait la parité de  $|P(e^{i\theta})|^2$  (qui est vraie). Mais au fond, pourquoi s'embêter ? Le premier membre  ${}^tX H_n X$  est réel, donc la partie imaginaire du second est nulle, et il ne reste que la somme des carrés.

Question 8. Le fait que  $\rho_n$  est majoré par  $\pi$  résulte de la deuxième question et de la question précédente appliquée à un vecteur *non nul* de  $V$ , cette dernière précision étant hélas trop souvent absente. La croissance de la suite  $(\rho_n)$  est une conséquence évidente du fait que si  $X_n$  est un vecteur propre de  $H_n$  pour la valeur propre  $\rho_n$  et si  $Y_n = \begin{pmatrix} X_n \\ 0 \end{pmatrix}$ , alors on a :  $\rho_n \|X_n\|^2 = {}^tX_n H_n X_n = {}^tY_n H_{n+1} Y_n \leq \rho_{n+1} \|Y_n\|^2 = \rho_{n+1} \|X_n\|^2$  ; mais attention, cela ne veut pas dire, comme le pensent maints candidats, que  $Y_n$  est un vecteur propre de  $H_{n+1}$  pour la valeur propre  $\rho_n$  ! Encore une légende urbaine, qui du reste contredirait le résultat de la quatrième question. Quant à ceux qui ont écrit que  $\rho_n$  est valeur propre de  $H_{n+1}$ , ils n'ont manifestement pas vérifié si cette assertion est vraie pour  $n = 1$ , ce qui les aurait rapidement détrompés.

Question 9. Certains candidats pensent que la linéarité d'une application se réduit à son additivité, tandis que d'autres ont justifié soigneusement  $T_n(0) = 0$ ... Les candidats les plus scrupuleux ont compris que la linéarité de  $T_n$  étant simple à établir, ce qui était intéressant dans la première moitié de cette question était de prouver que  $T_n$  est bien définie et que l'image par  $T_n$  de tout élément de  $E$  appartient à  $E$ . Il leur suffisait pour cela d'écrire que comme  $f$  est intégrable et  $K_n$  est un polynôme donc continu et borné,  $K_n(tx) f(t)$  est intégrable et son intégrale est un polynôme donc appartient à  $E$ . De surcroît, c'est un polynôme de degré au plus  $n$ , donc l'image de  $T_n$  est de dimension finie, et  $E$  étant de dimension infinie,  $T_n$  ne saurait être injective, donc 0 en est bien valeur propre. Un certain nombre de candidats ont choisi un polynôme orthogonal à  $R_n[X]$ , souvent de degré  $n + 1$ , mais cela n'avait rien d'obligatoire, et en ont déduit qu'il appartient au noyau de  $T_n$ . Oublions ceux qui ont montré que la fonction égale à 0 sur  $[0, 1[$  et à 1 en 1 est propre pour la valeur propre 0, sans penser que  $E$  est un ensemble de fonctions définies et continues sur  $[0, 1[$ . Rappelons également qu'une fonction continue sur  $[0, 1[$  n'est pas nécessairement intégrable sur  $[0, 1[$ , pas plus que le produit de deux fonctions intégrables sur  $[0, 1[$ .

Question 10. Nombreux sont les candidats à avoir obtenu l'égalité  $T_n(\tilde{X}) = \widetilde{H_n X}$ . Beaucoup en ont déduit que toute valeur propre de  $H_n$  est une valeur propre de  $T_n$ , et que le polynôme propre associé a pour coefficients les composantes du vecteur propre de  $H_n$ . La réciproque

est plus subtile, et une bonne partie des candidats ont omis de préciser d'une part que l'on prend une valeur propre  $\lambda$  non nulle de  $T_n$ , d'autre part qu'une fonction propre associée  $f$  vérifie  $f = \frac{1}{\lambda} T_n(f)$  donc est bien un polynôme de degré au plus  $n$ , ce qui permet ensuite de décrire comme vecteur propre de  $H_n$  le vecteur colonne dont les composantes sont les coefficients de ce polynôme.

Question 11. Cette question difficile n'a été valablement abordée que par un petit nombre de candidats, et ceux-ci ont souvent établi l'inégalité contraire à celle qui était demandée, la preuve du fait que celle-ci est une égalité étant la partie simple de cette question. Voici l'idée : soit  $v$  un vecteur propre de  $T_n$  associé à la valeur propre  $\rho_n$ . Pour tout  $\varphi \in A$ , on pose  $u = \frac{v}{\varphi}$  qui existe et est continue et strictement positive sur  $[0, 1]$  par hypothèse sur  $\varphi$  et du fait que  $v$  est un polynôme dont tous les coefficients strictement positifs, vu la première partie. Alors de  $T_n v = \rho_n v$  on déduit  $T_n u \varphi = \rho_n u \varphi$  donc  $\rho_n u = \frac{1}{\varphi} T_n(u \varphi) \leq \frac{1}{\varphi} T_n(\varphi) \sup(u)$ . On en déduit

$$\rho_n \sup_{x \in ]0,1[} u(x) \leq \sup_{x \in ]0,1[} \left( \frac{1}{\varphi(x)} T_n(\varphi)(x) \right) \sup_{x \in ]0,1[} u(x),$$

puis en simplifiant par  $\sup_{x \in ]0,1[} u(x)$ ,  $\rho_n \leq \sup_{x \in ]0,1[} \left( \frac{1}{\varphi(x)} T_n(\varphi)(x) \right)$ . Il ne reste plus qu'à prendre la borne inférieure quand  $\varphi$  décrit  $A$ , pour obtenir le résultat demandé. En choisissant  $\varphi = v$ , on a immédiatement l'égalité par définition de  $v$ . En faisant cette démonstration, on a un peu l'impression de sortir un lapin d'un chapeau : cela arrive parfois en mathématiques.

Question 12. Cette question très classique de dérivabilité d'une intégrale dépendant d'un paramètre n'a pas été aussi bien traitée que nous l'espérions. Passons sur les candidats, heureusement rares, qui semblent ignorer l'existence d'un théorème servant à justifier cette dérivabilité. Les autres l'ont généralement énoncé correctement et complètement, mais c'est la mise en œuvre qui a péché. La fonction intégrée est continue et intégrable en  $t$  sur  $]0, 1[$  ainsi que sa dérivée partielle par rapport à  $x$ , ce qu'il ne suffit pas d'affirmer, il faut aussi le justifier. Mais là où cela se gâte vraiment, c'est dans la domination. De nombreux candidats ont majoré la dérivée, soit par  $t^n \varphi(t)$ , ce qui est faux, soit par  $\frac{t^n \varphi(t)}{(1-t)^2}$ , ce qui est correct, mais présente le grave inconvénient de ne pas être intégrable sur  $]0, 1[$  ; n'en déplaise à ceux qui ont certes fait référence à la règle de Riemann, mais en l'infini, et non en une borne finie ! Enfin, une simple application de la linéarité de l'intégrale permettait d'obtenir l'égalité demandée ; mais nombre de ceux qui s'étaient trompés de signe dans la dérivation de  $\frac{1}{1-tx}$  sont retombés sur leurs pattes *via* un léger truandage... qui n'a bien sûr pas échappé à la sagacité du correcteur. En fin de compte, cette question s'est avérée être un révélateur du soin et de la rigueur apportés par les candidats dans la résolution du présent problème.

Question 13. Il est clair que résoudre cette question requerrait une intégration par parties, un indice en étant la présence de  $\varphi'(t)$  dans la deuxième intégrale du second membre. Mais s'agissant d'intégrales impropres comme celles considérées ici, il était nécessaire de prendre quelques précautions, notamment de vérifier que la partie tout intégrée a bien une limite finie en 1. De nombreux candidats ont été pénalisés pour ne pas l'avoir fait, ou pour ne pas

avoir justifié le caractère  $C^1$  des fonctions employées. Beaucoup ont abordé le cas  $n = 0$ , mais pas le cas  $n$  non nul, ou inversement ; certains ont sans doute été déroutés par l'indication  $c = 0$  dans le premier cas où en réalité  $c = \varphi(0)$  tandis que  $c = 0$  dans le second cas... Regrettable erreur d'énoncé qui a donné à cette question un air d'énigme davantage digne de Da Vinci Code que d'un sujet de concours, et dont il a bien sûr été tenu compte dans la correction.

Question 14. Question purement calculatoire, sans contenu théorique particulier, l'égalité demandée étant obtenue par combinaison des égalités établies dans les deux questions précédentes. Elle a toutefois de nouveau permis d'évaluer le soin et la rigueur des candidats dans la gestion de leurs calculs. Inutile de dire que ceux qui en rédigent plusieurs lignes qui n'aboutissent pas puis écrivent « *après simplification, on trouve* » suivi de l'égalité de l'énoncé n'ont obtenu aucun point pour la question.

Question 15. Rien de plus simple et de plus direct que la résolution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre sans second membre. Il était légitime d'utiliser la formule que nombre de candidats avaient manifestement apprise par cœur. Toutefois, il ne fallait pas omettre de préciser que  $1 - t$  ne s'annulant pas sur  $[0, 1[$ , cette équation est bien *résolue* en  $y'$ , ce qui justifiait l'utilisation de cette formule. Et il ne fallait pas non plus se tromper dans les signes, ce qui a été pourtant le cas d'environ la moitié des candidats... Sans compter quelques étourdis qui ont cru bien faire en appliquant ensuite la méthode de variation de la constante, et ont été très surpris d'obtenir le même ensemble de solutions ! Si tout va bien, on obtient comme solutions  $y(t) = c(1 - t)^\gamma$  avec  $c \in \mathbb{R}$ . Puis voilà une question réellement digne de Da Vinci Code : trouver à quelles conditions cette solution vérifie les hypothèses faites sur  $\varphi$ . Mais quelles sont-elles, ces fameuses hypothèses ? Cela demande un peu de recherche dans les pages précédentes :  $\varphi$  doit être continue et intégrable sur  $[0, 1[$  et à valeurs strictement positives sur  $]0, 1[$  ;  $\frac{1}{\varphi}$  doit admettre un prolongement continu sur  $[0, 1]$ , donc en 0 et en 1 ;  $\varphi$  doit être de classe  $C^1$  sur  $[0, 1[$  et  $(1 - t)\varphi(t)$  doit tendre vers 0 quand  $t$  tend vers 1. Ces hypothèses sont toutes réalisées si et seulement si  $c > 0$  et  $-1 < \gamma \leq 0$ , conditions que bien peu de candidats ont réussi à toutes obtenir.

Question 16. La dérivabilité de  $\Phi_n$  résulte des théorèmes généraux, encore faut-il les citer de manière précise, ce que bien peu de candidats ont pris la peine de faire :  $\Phi_n$  est dérivable sur  $]0, 1[$  en tant que quotient de fonctions dérivables dont le dénominateur ne s'annule pas sur  $]0, 1[$ . Le calcul de sa dérivée est assez long, et bien peu de candidats l'ont mené à leur terme sans erreur ni raisonnement malhonnête.

Question 17. Encore une équation différentielle, cette fois avec second membre, mais dont la solution était fournie, ce qui a amené nombre de candidats à se contenter de vérifier que la fonction proposée est bien solution de l'équation. Cette démarche est légitime, encore fallait-il vérifier la condition initiale  $\Phi_n(0) = 0$  et justifier *via* un théorème du cours que cette fonction est bien l'unique solution de l'équation différentielle satisfaisant cette condition initiale. Ceux

qui ont entrepris de résoudre l'équation différentielle par les formules classiques ont souvent abouti à la solution proposée.

Question 18. Cette question n'a été abordée que par une infime minorité de candidats. On se souvient qu'à la question 12 on a obtenu la majoration  $\rho_n \leq \sup_{x \in ]0,1[} \left( \frac{1}{\varphi(x)} T_n(\varphi)(x) \right)$ . Or on a :  $\frac{1}{\varphi(x)} T_n(\varphi)(x) = r_n(x) = \Phi_0(x) - \Phi_n(x)$ , et en remplaçant  $\Phi_0$  et  $\Phi_n$  par leurs expressions, on obtient l'expression fournie par l'énoncé.

Question 19. Cette question, elle aussi très rarement abordée, se traite en choisissant  $\alpha = \frac{1}{2}$  dans l'inégalité précédente et en procédant au calcul de l'intégrale obtenue.

Question 20. Un nombre non négligeable de candidats ont abordé cette question qui pouvait être traitée en admettant le résultat des questions précédentes. Malheureusement ils ont généralement fait preuve de beaucoup de maladresse dans la manipulation des équivalents. Tout d'abord, il est clair que  $\omega_n$  tend vers 1 quand  $n$  tend vers l'infini, de sorte qu'il n'est pas pertinent de commencer par prendre un équivalent de  $\omega_n$ . Par contre, comme  $\ln x$  est équivalent en 1 à  $x - 1$ , il est beaucoup plus intéressant de chercher un équivalent de  $\ln \omega_n$ , que l'on obtient facilement grâce à la formule de Stirling :  $\omega_n - 1 \sim \ln \omega_n \sim \frac{\ln n}{4n}$ . Ensuite la primitivation de l'équivalent  $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \sim \frac{1}{\sqrt{2(1-x)}}$  donne  $\text{Arcsin} x = \frac{\pi}{2} - \sqrt{2(1-x)} + o(\sqrt{1-x})$  au voisinage de 1. En remplaçant  $\omega_n - 1$  par l'équivalent précédent, on en déduit enfin :

$$\pi - 2\omega_n \text{Arcsin} \left( \frac{1}{\omega_n} \right) \sim \sqrt{\frac{2 \ln n}{n}}$$

On a donc obtenu une majoration de  $\rho_n$  légèrement meilleure que  $\pi$  puisque  $\sqrt{\frac{2 \ln n}{n}}$  tend vers 0 quand  $n$  tend vers l'infini. Les quelques candidats qui sont arrivés à ce point auront peut-être été déçus de constater que tant d'efforts ont abouti à un si petit progrès : mais c'est là le propre des mathématiques que d'avancer à petits pas vers une meilleure connaissance d'une discipline dont l'esprit humain peine à entrevoir la complexité infinie.

## Conclusion

Le sujet de cette année permettait à tout candidat sérieux et travailleur de mettre en valeur ses connaissances et ses capacités. Les questions 2 à 10, 12, 15 et 17 étaient tout à fait abordables et nécessitaient surtout de la réflexion, de la rigueur et du soin dans les calculs et les raisonnements. Ce sujet a donné aux candidats le temps de réfléchir, de soigner leurs raisonnements, de peaufiner leur rédaction et de vérifier leurs calculs. Encore leur faut-il se départir d'une attitude fréquente de nonchalance voire d'indifférence, et de manque de combativité au cours de l'épreuve. Ne pas renoncer, rester mobilisé pendant toute la durée

des concours, voilà l'attitude qui permettra aux étudiants de réussir. Car comme disait Amy Sherald : « *People who don't quit eventually rise to the top, because the world is full of quitters* ».

## 1.4. Mathématiques I — PC

### Présentation du sujet

Pour  $p \in \mathbb{N}^*$  et  $r \in \mathbb{R}$ , posons

$$\forall z \in \mathbb{C}, \quad S_{r,p}(z) = \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(pn)^r}{(pn)!} z^{pn}.$$

Le but essentiel de ce problème est d'établir le résultat suivant.

**Théorème 1.** Soient  $p \in \mathbb{N}^*$  et  $r \in \mathbb{R}^+$ . Alors

$$S_{r,p}(x) \underset{x \rightarrow +\infty}{\sim} \frac{1}{p} x^r e^x.$$

La partie I justifie le fait que la série entière définissant  $S_{r,p}$  a pour rayon de convergence  $+\infty$  et fait calculer  $S_{0,1}$  et  $S_{0,2}$  au moyen de fonctions usuelles.

La partie II est consacrée à la démonstration du théorème pour  $p = 1$ . Pour  $x \in \mathbb{R}^{+*}$ , soit  $X_x$  une variable de Poisson de paramètre  $x$ . La démonstration part de l'égalité :

$$\forall x \in \mathbb{R}^{+*}, \quad S_{r,1}(x) = e^{-x} E(X_x^r).$$

On utilise alors la concentration de  $X_x$  autour de  $x$  pour montrer que, lorsque  $x$  tend vers  $+\infty$ ,  $E(X_x^r) \sim x^r$ . Le calcul combine l'inégalité de Bienaymé-Tchebychev et l'utilisation ingénieuse d'un argument de convexité.

La partie III achève la démonstration du théorème 1. Un argument classique permet d'extraire de  $S_{r,1}$  la somme correspondant aux multiples de  $p$  :

$$\forall z \in \mathbb{C}, \quad S_{r,p}(z) = \frac{1}{p} \sum_{\omega \in U_p} S_{r,1}(\omega z).$$

Il faut alors voir que, pour  $\omega$  dans  $U_p \setminus \{1\}$ ,  $S_{r,1}(\omega x)$  est négligeable devant  $S_{r,1}(x)$  lorsque  $x$  tend vers  $+\infty$ , ce qui provient d'une transformation d'Abel et d'estimations asymptotiques non immédiates des quantités  $u_{k+|X|}(x)$ , où l'on pose :

$$\forall n \in \mathbb{N}, \quad \forall x \in \mathbb{R} \quad u_n(x) = \frac{n^r}{n!} x^n.$$

La partie IV applique le théorème obtenu à la démonstration de l'énoncé ci-après.

**Théorème 2.** Soit  $f$  l'unique solution de l'équation différentielle  $\forall t \in \mathbf{R}, tx''(t) - x(t) = 0$ , développable en série entière sur  $\mathbf{R}$  et telle que  $f'(0) = 1$ . Alors

$$f(t) \underset{t \rightarrow +\infty}{\sim} \frac{t^{1/4}}{2\sqrt{\pi}} \exp(2\sqrt{t}).$$

La preuve de ce dernier résultat est très simple : on calcule les coefficients du développement en série entière de  $f$ , on les estime via la formule de Stirling et on combine le théorème 1 au lemme de comparaison asymptotique des séries entières, admis par l'énoncé.

### **Commentaires généraux**

Le sujet, d'un intérêt mathématique soutenu, nécessite une bonne maîtrise des thèmes suivants : séries, séries entières, calcul asymptotique, probabilités. Il teste les candidats de manière significative sur les programmes d'analyse et probabilités des deux années. L'énoncé, bien calibré, comprend des questions de niveau très varié. Il permet d'évaluer les qualités techniques des candidats, leur connaissance et leur compréhension du cours, ainsi que leur capacité à rentrer dans une démonstration assez complexe.

Le texte a donc fort bien joué son rôle. Les meilleurs candidats ont compris l'ensemble du problème. Une partie significative a produit une copie de bon niveau. Enfin, l'étalonnage des notes est satisfaisant. Les correcteurs déplorent cependant un contingent assez fort de copies presque vides et une quantité surprenante de copies superficielles, qui donnent à beaucoup de questions des réponses sans aucun contenu.

### **Conseils aux futurs candidats**

Comme d'habitude, ce sujet récompensait le travail du cours. Certaines questions de probabilités, a priori simples, ont mis en évidence un travail insuffisant de ce chapitre. Le caractère assez technique de l'épreuve a valorisé les candidats solides. Nous incitons les candidats à apprendre leur cours de manière réfléchie et à ne pas manipuler aveuglément les objets mathématiques.

D'un point de vue plus technique, on souligne les points suivants.

- Les premières questions d'un problème sont souvent simples. C'était le cas ici. Il importe de ne pas se précipiter et de les rédiger correctement.
- Les probabilités appellent une rédaction aussi précise que les autres parties des mathématiques ; les justifications doivent s'appuyer sur des arguments précis.
- Les bases de l'analyse (majorations, estimations asymptotiques) sont au cœur d'une grande part des mathématiques ; on ne les acquiert que par une pratique assidue du calcul. Beaucoup de candidats en ont seulement une faible maîtrise.

### **Analyse détaillée des questions**

Question 1. Les réponses s'appuient majoritairement sur la règle de d'Alembert, qui est en effet applicable. En revanche, les simplifications des quotients de factorielles sont assez souvent fausses. Les réponses à base de croissance comparée, dont le principe est évidemment correct, sont rarement assez précises.

Question 2. Le développement en série entière de l'exponentielle est le plus souvent connu, celui du cosinus hyperbolique un peu moins. Mais bon nombre de candidats oublient que les séries considérées n'ont pas de terme d'indice 0.

Question 3. Question proche du cours, rarement bien traitée. Une moitié des candidats donnent une réponse correcte, mais la plupart oublie de vérifier l'absolue convergence, nécessaire pour appliquer le théorème de transfert.

Question 4. Espérance et variance sont le plus souvent connues ; quelques candidats perdent du temps à les redémontrer. En revanche, l'inégalité de Bienaymé-Tchebychev n'est pas toujours bien énoncée, et l'application n'est vraiment bien faite que dans un tiers des copies.

Question 5. Pour la première partie de la question, beaucoup de candidats évoquent l'inégalité de Markov, mais peu l'appliquent bien. Il faut d'une part choisir la bonne variable aléatoire ( $Z_X^r$ ), d'autre part vérifier l'égalité d'événements, enfin mentionner la positivité de  $Z_X^r$  et celle de  $1 - X^{1/3}$ . L'oubli de ces précisions obérait fortement la note attribuée. La seconde partie de la question est souvent l'objet de tentatives de bluff.

Question 6. Bilan très décevant pour cette question simple. Beaucoup des candidats décrètent les variables aléatoires  $X_X - i$  indépendantes, ou utilisent une version fantaisiste de la linéarité de l'espérance. Certains affirment qu'une constante est d'espérance nulle. Ce type de passage en force témoigne à tout le moins d'un grand manque de rigueur et n'incite pas le correcteur à l'indulgence pour la suite de la copie.

Question 7. Résultat très inégal pour la première partie de la question. Un nombre significatif de candidats voit qu'il s'agit essentiellement de décomposer un polynôme sur une base. La seconde partie est assez largement réussie.

Question 8. Un taux de réponse assez décevant pour la première partie de la question. La seconde est mieux traitée.

Question 9. Question testant la compréhension du sujet, dans laquelle il s'agit de combiner correctement certains des résultats précédents, réussie par une partie appréciable des candidats.

Question 10. La première partie de la question a été très souvent abordée, mais les calculs ont parfois été fantaisistes. Dans certaines copies, la dérivée d'un produit est le produit des dérivées. Dans d'autres, le tableau de variation est faux. Il semble que la présence d'un paramètre ait souvent posé problème, ce qui est étonnant à ce niveau d'études ; pas mal de copies contiennent d'ailleurs des inégalités fausses ( $r > 0$  donc  $1 - r > 1$  ...). La seconde partie, bien traitée dans un nombre convenable de copies, a parfois donné lieu à des réponses non argumentées.

Question 11. La première partie, qui n'est qu'un développement limité simple, a reçu très peu de réponses correctes. La suite, délicate, a été peu abordée et n'a presque jamais donné lieu à des réponses valables.

Question 12. Beaucoup d'erreurs dans les calculs asymptotiques, du type : «  $\lfloor x \rfloor$  est équivalent à  $\lfloor x \rfloor + k$ , donc  $\lfloor x \rfloor!$  est équivalent à  $(\lfloor x \rfloor + k)!$  ». Les réponses utilisant la formule de Stirling ont rarement été convaincantes ; cette méthode est ici (comme pour Q1) assez maladroite.

Question 13. Pour la première partie, beaucoup de candidats donnent des réponses fausses, en invoquant la décroissance de la suite, qui contredit pourtant le résultat de Q10 !

Question 14. Cette question n'a été bien traitée que dans peu de copies.

Question 15. Cette question, souvent abordée, a été bien traitée dans une petite moitié des copies.

Questions 16 et 17. Les calculs assez subtils de ces questions ont été abordés dans quelques excellentes copies. Quelques candidats ont par ailleurs grappillé des points sur les conclusions, qui étaient très simples.

Question 18. Question souvent abordée, mais rarement traitée dans son intégralité. La relation de récurrence est en général obtenue, l'expression de  $c_n$  ne suit pas toujours. La justification des calculs (dérivation d'une série entière sur l'intervalle ouvert de convergence) est rarement mentionnée.

Question 19. Il s'agissait d'appliquer la formule de Stirling. Une partie des candidats l'a vu et a cité correctement la formule. Plus rares sont ceux qui ont mené la question à son terme.

Question 20. Cette ultime question n'était pas difficile pour qui avait compris la logique du texte ; elle a reçu quelques bonnes réponses.

## 1.5. Mathématiques II — PC

Le sujet de la deuxième épreuve PC était consacré à l'étude d'une somme de série de fonctions, que Riemann aurait proposée, dans les années 1860, comme exemple de fonction partout continue et nulle part dérivable. En réalité, les travaux de Hardy (1916) et de Gerver (1968) ont permis de montrer que la fonction  $R$  de l'énoncé est dérivable exactement en les réels de la forme  $\pi r$ , où  $r$  est un rationnel à numérateur et dénominateur tous deux impairs.

L'énoncé se limitait à montrer la non-dérivabilité de  $R$  en 0 par des moyens élémentaires, et sa dérivabilité en  $\pi$  par une méthode basée sur l'utilisation de la formule sommatoire de Poisson. Il avait été conçu :

- pour mettre en œuvre une grande partie du programme d'analyse de deuxième année,
- pour mettre en valeur les candidats ayant une bonne connaissance du cours et des méthodes de base du programme.

C'est ainsi que la première partie était constituée uniquement de questions très élémentaires, applications directes des théorèmes du cours. Ces questions ont été significativement valorisées dans le barème. Bien entendu, pour obtenir tous les points, il fallait vérifier soigneusement toutes les hypothèses des théorèmes utilisés, et ne pas oublier les valeurs absolues ou les modules, qui y jouaient un rôle central.

Peut-être parce qu'il abordait des thèmes sur lesquels la majorité des candidats est très entraînée et assez à l'aise, ce problème a été mieux réussi que ceux des années précédentes. Parmi les motifs de satisfaction du jury, notons une bonne compréhension assez générale de la notion de convergence absolue (des séries et des intégrales), qui était au cœur du sujet.

Parmi les points à consolider, le jury regrette le manque de familiarité avec l'exponentielle complexe d'un trop grand nombre de candidats, qui se sentent obligés de revenir systématiquement aux fonctions *cos* et *sin*. Ce choix regrettable est souvent générateur de perte de temps, la fonction exponentielle se comportant de façon bien plus agréable à de nombreux égards !

Passons à l'examen détaillé des questions.

Question 1. Le plus efficace était de montrer la convergence normale de la série (qui implique sa convergence simple, donc l'existence de la fonction  $R$ ), sans oublier de mentionner la continuité du terme général. Certains candidats rédigent cette question de façon trop elliptique, concluant directement à la continuité de la fonction  $R$  à partir de la majoration de  $\left| \frac{\sin(n^2 x)}{n^2} \right| \leq \frac{1}{n^2}$  et de la convergence de la série  $\sum \frac{1}{n^2}$ , sans citer la *notion* de convergence normale.

Question 2. Cette question a été en général plutôt bien traitée (prolongement continu en 0 et convergence absolue sur  $[1; +\infty[$ ). Il fallait évidemment prendre garde à ne pas affirmer la convergence de l'intégrale  $\int_0^{+\infty} \frac{dt}{t^2}$ .

Question 3. Le théorème de continuité sous le signe intégrale montre à la fois la bonne définition de la fonction  $\hat{f}$  et sa continuité. Ici encore, le rôle des valeurs absolues était décisif, et le jury a trop souvent lu des inégalités entre nombres complexes.

Question 4. Certains candidats croient montrer l'existence de la somme  $S(h)$  en majorant...  $|S(h)|$ . Heureusement, l'argument de convergence absolue a très souvent été donné.

Question 5. De très nombreux candidats ont décelé dans cette question une analogie avec les sommes de Riemann, à ceci près que l'intégrale de  $\phi_h$  doit être vue ici comme une somme de Riemann (certes sur un intervalle non borné), et non une limite de sommes de Riemann. Pour rédiger correctement les choses, il fallait d'abord noter que la fonction  $\phi_h$  est constante sur chaque intervalle  $[nh; (n+1)h[$ , ( $n \in \mathbb{N}$ ) puis utiliser la relation de Chasles.

Question 6. Cette question a donné lieu à des inégalités folkloriques ( $x \leq [x]$ ), voire ouvertement malhonnêtes, qui ont été inévitablement sanctionnées. Les correcteurs ont été

attentifs à une utilisation correcte de la partie entière ( $\lfloor x \rfloor \geq x - 1$ ) et au rôle de la précision  $h \leq 1$ .

Question 7. Un grand nombre de candidats a pensé à utiliser le théorème de convergence dominée (sans, hélas, toujours le nommer, cf. la question 1), dont il fallait bien sûr vérifier soigneusement toutes les hypothèses. Or, la justification de la convergence simple de  $\phi_h$  vers  $f$ , ainsi que l'hypothèse de domination sur  $[0, 1]$ , ont été souvent oubliées.

Question 8. Une fois obtenu l'équivalent  $R(x) \sim \sqrt{\frac{\pi x}{2}}$ ,  $x \rightarrow 0^+$ , celui-ci implique la non-dérivabilité de  $R$  en 0.

Question 9. L'existence et la  $2\pi$ -périodicité de  $F$  ont en général été correctement établies. La continuité de  $F$  était plus délicate à montrer : elle découlait de la convergence normale de la série définissant  $F$  non pas sur  $\mathbb{R}$  (sauf si  $f$  est nulle !), mais sur tout segment de  $\mathbb{R}$ . Celle-ci a été rarement correctement justifiée.

Question 10. Cette question a été en général bien traitée. Il convenait de ne pas s'y éterniser !

Question 11. Beaucoup de candidats songent à utiliser l'injectivité de la transformation de Fourier, qui était admise par l'énoncé. Pour calculer les coefficients de Fourier de  $2\pi F$  et  $G$ , il fallait justifier la possibilité d'intégrer terme à terme, puis calculer  $\int_0^{2\pi} e^{-int} dt, n \in \mathbb{Z}$ .

Question 2. Cette question a été très rarement bien traitée, très peu de candidats pensant à appliquer le résultat de la question précédente à une autre fonction que  $f$ . Bien entendu, on ne pouvait « choisir  $a = 2\pi$  ».

Question 13. Pour montrer que la fonction  $f$  est  $C^\infty$  sur  $\mathbb{R}$ , il suffisait de l'écrire comme la somme d'une série entière. Les calculs, très simples, n'ont pas toujours été menés à leur terme. On a même parfois lu que « la fonction  $t \mapsto \frac{1}{t^2}$  est  $C^\infty$  sur  $\mathbb{R}$  ».

Question 14. Les difficultés de nombreux candidats avec l'exponentielle complexe les ont empêchés d'obtenir des expressions correctes des deux premières dérivées de  $f$ . On pouvait détecter de grossières erreurs de calcul en se souvenant que  $f'$  (resp.  $f''$ ) est une fonction impaire (respectivement paire). La justification des convergences vers 0 de  $f'$  et  $f''$  à l'infini a parfois donné lieu à d'étonnantes inégalités entre nombres complexes.

Question 15. Pour traiter cette question, on pouvait ou bien intégrer par parties (dans le bon sens !) ou bien, plus judicieusement, utiliser l'estimée :

$$e^{ix^2} = -\frac{1}{4}f''(x) + O(x^{-2})$$

en prenant garde au fait que l'intégrale de  $f''$  sur  $\mathbb{R}$  n'est que semi-convergente.

Question 16. Les candidats ayant abordé cette question se sont souvent arrêtés après la double intégration par parties.

Les questions suivantes ont été rarement abordées avec succès.

### 1.6. Mathématiques I — PSI

Le joli problème de mathématiques de cette année permet d'obtenir, par une méthode probabiliste, un équivalent en l'infini d'une famille de fonctions. La première partie porte sur l'étude de séries entières : rayon de convergence et développements classiques. La deuxième partie donne, à l'aide des probabilités, un équivalent en l'infini d'une fonction définie comme somme d'une série entière. La partie III permet de déduire de II d'autres comportements asymptotiques. Dans la partie IV, on déduit de III le comportement en l'infini d'une solution d'équation différentielle.

Le problème contient un certain nombre de questions élémentaires et proches du cours, qui ont été abordées par une majorité de candidats, pour lesquelles le barème était volontairement généreux. Le reste est de difficulté raisonnable, mais demande un peu plus d'initiative. Cette épreuve a parfaitement répondu aux attentes du concours. La diversité des thèmes abordés ainsi que le panachage dans la difficulté des questions ont su départager les candidats.

Analysons maintenant les réponses aux questions.

Question 1. Cette question est presque toujours abordée. Le critère de d'Alembert est généralement utilisé, mais les simplifications dans les calculs sont parfois folkloriques. Un argument du type « par croissance comparée, on a aussitôt... » ne donne pas de point.

Question 2. Les développements usuels en série entière sont le plus généralement connus. L'absence du premier terme n'est pas toujours prise en compte.

Question 3. L'existence de l'espérance vient de l'absolue convergence de la série. Chez bon nombre de candidats, le théorème de transfert donne systématiquement l'existence de l'espérance de  $f(X)$  lorsque  $X$  admet une espérance, ce qui est bien sûr inexact. La valeur de l'espérance est donnée par une moitié des candidats.

Question 4. L'espérance et la variance sont presque systématiquement données ; le théorème de Bienaymé-Tchebychev n'est pas toujours bien énoncé. L'application quant à elle n'est traitée que par un tiers des candidats.

Question 5. L'inégalité de Markov est souvent proposée. La convergence dans la deuxième partie de la question, qui utilise notamment Q4, est rarement traitée.

Question 6. Les correcteurs ont été surpris par le grand nombre de copies dans lesquelles figuraient les arguments suivants : un produit de variables aléatoires admettant une espérance, admet une espérance, la linéarité de l'espérance donne que l'espérance d'un produit est le produit des espérances. L'espérance d'une constante est nulle. Bien sûr, tous ces arguments sont incorrects.

Question 7. Question très inégalement traitée ; seul le dernier point est généralement correct.

Question 8. L'inégalité est rarement prouvée. En revanche l'application à la variable aléatoire est souvent juste.

Question 9. Il suffisait ici de combiner les résultats des questions précédentes.

Question 10. Cette question est abordée dans presque toutes les copies. La dérivation d'un produit est parfois égale au produit des dérivées. La donnée d'un tableau de variation est nettement préférable à un long discours filandreur. La seconde partie de la question n'est pas toujours convaincante.

Question 11. La première partie de l'étude est rarement correcte. La suite est peu abordée.

Question 12. On trouve souvent l'assertion :  $\lfloor x \rfloor$  est équivalent à  $\lfloor x \rfloor + k$ , ce qui est vrai, donc  $\lfloor x \rfloor!$  est équivalent à  $(\lfloor x \rfloor + k)!$ , ce qui est faux.

Question 13. Dans la plupart des copies traitant cette question, on invoque la décroissance de la suite, ce qui contredit le résultat de Q10.

Question 14. Peu de réponses correctes.

Question 15. Cette question est souvent abordée et correctement traitée dans une moitié des copies.

Questions 16 et 17. Peu de réponses satisfaisantes à ces questions.

Question 18. La majorité des candidats aborde cette question. La suite  $(c_n)$  n'est pas toujours explicitée. Le rayon de convergence de la série entière est rarement étudié.

Question 19. La formule de Stirling est souvent citée et parfois utilisée à bon escient.

Question 20. Quelques bonnes réponses à cette ultime question.

## 1.7. Mathématiques II — PSI

### Généralités

Le sujet portait sur le classique problème des moments pour une densité de probabilité sur un intervalle de  $\mathbb{R}$ . La question relève du domaine des probabilités, cependant elle était présentée dans un cadre purement analytique vu l'absence des lois à densité du programme de la filière PSI.

Le sujet proposait essentiellement :

- De faire calculer les moments de deux densités classiques : une densité exponentielle (question 1) et la densité gaussienne réduite (questions 2 à 4).
- De montrer que deux densités de probabilité sur  $[0, 1]$  sont égales dès qu'elles ont les mêmes moments (théorème des moments sur un segment, établi dans la partie III).
- De donner un exemple illustrant le fait que ce résultat ne tient plus sur un intervalle non borné : en fin de partie V on met en évidence deux densités de probabilité  $f$  et  $g$  distinctes sur  $\mathbb{R}^+$  ayant les mêmes moments (on peut même produire une quantité indénombrable de telles densités en considérant les fonctions de la forme  $(1 - t)f + tg$  avec  $t \in [0, 1]$ ).

Pour établir le théorème des moments sur un segment, le sujet proposait une méthode très classique passant par le théorème de Weierstrass polynomial, qui stipule que toute fonction numérique continue sur un segment  $\gamma$  est limite uniforme d'une suite de fonctions polynomiales. En admettant que toute fonction continue sur un segment soit uniformément continue (résultat hors programme en filière PSI), la démonstration était fondée sur une utilisation des polynômes de Bernstein écartant leur interprétation probabiliste.

Le sujet était d'une longueur modérée, et il a été entièrement traité par plusieurs candidats. Les questions faisaient la part belle à l'analyse des intégrales, plus particulièrement des intégrales généralisées. Les techniques d'intégration par parties et de changement de variable sur un intervalle quelconque étaient régulièrement mises à contribution. La partie IV mettait en jeu les méthodes d'étude d'intégrales à paramètre pour déterminer la transformée de Fourier d'une densité gaussienne (le résultat admis à la question 18 aurait pu être démontré avec la même idée, au prix d'une domination plus délicate dans la dérivation sous l'intégrale).

La plupart du temps, les candidats ont abordé toutes les parties du sujet. Les questions les moins traitées sont la 5, les 10 et 11, et la 22.

Compte tenu de la brièveté du sujet, le jury s'étonne de la mauvaise qualité générale de rédaction et de présentation des copies. Parmi les défauts constatés :

- Beaucoup de candidats ne soulignent ni n'encadrent aucune étape clef de leur raisonnement ; beaucoup aussi ne font pas d'effort sur la mise en page, ce qui ne facilite pas l'identification des étapes du raisonnement par le correcteur.
- Des imprécisions qui finissent par convaincre le correcteur d'un manque criant de rigueur mathématique : par exemple  $<$  au lieu de  $\leq$ , la non-justification des intégrations par parties ou changements de variable par la donnée des fonctions utiles et de leur propriété. Le candidat a tout à gagner à connaître les hypothèses de chaque théorème (pas besoin de caractère bijectif pour une intégration par parties).
- L'usage d'un résultat établi précédemment dans l'énoncé doit systématiquement être appuyé par une référence explicite à la question où il apparaît. En particulier, à la question 14 trop de candidats concluent directement grâce aux résultats précédents qu'on a  $\int_0^1 (f - g)^2 = 0$ , alors que l'on attendait un découpage clair de l'argumentation et que parmi les démonstrations, certaines s'avèrent incorrectes. Il n'est donc pas possible d'attribuer les points en l'absence de raisonnement étayé.

- Beaucoup de candidats font un usage horripilant d'acronymes incompréhensibles (d'après le TICL on a 11...), de notations hors programme ( $f \in L(R)$ ,  $C$ -difféomorphisme), et de mélanges français/mathématiques particulièrement irritants (que comprendre à l'affirmation  $f$  est  $C^0(R)$ ?). Il est bien sûr autorisé, voire souhaitable, de définir les notations (mais pas d'abréviation !) qui ne figurent pas au programme et pourraient simplifier l'écriture des démonstrations : encore faut-il faire l'effort de le faire ! Enfin, bon nombre de candidats oublient régulièrement d'insérer des parenthèses lorsque c'est nécessaire : on peut lire souvent  $2p.2p - 2.2p - 4...2$ .
- Trop peu d'affirmations sont explicitées convenablement, en particulier dans les hypothèses des théorèmes sur les intégrales à paramètre. En particulier, on lit trop souvent :  $t \rightarrow h(\xi, t)$  est continue par morceaux sans préciser que c'est vrai pour n'importe quel réel  $\xi$ .
- La confusion entre une fonction et une expression est déjà assez irritante (les élèves démarrant leur copie par  $g(x)$  est continue et positive ne mettent pas les correcteurs dans les meilleures dispositions) ; elle devient rédhibitoire lorsqu'il s'agit de manipuler des fonctions de plusieurs variables (que comprendre à l'énoncé brut  $h(x, t)$  est continue par morceaux lors de la vérification des hypothèses du théorème de continuité sous l'intégrale ?).
- Certains candidats tentent de passer en force sur de nombreuses questions, les correcteurs ne sont pas dupes et sont irrités de cette attitude qui n'incite pas à la clémence en cas de doute sur d'autres questions. Ils espèrent néanmoins que les candidats ne sont pas convaincus par ce qu'ils ont écrit.
- Enfin, il faut soigner les citations des théorèmes ou résultats du cours : on trouve trop souvent des noms ambigus sans énoncé clair, comme "petite formule", "formule du capitaine" (propriétés des coefficients binomiaux), "théorème aux 4 hypothèses" (théorème de dérivation d'une intégrale à paramètre), "théorème des 3 conditions" (une fonction continue positive d'intégrale nulle sur un intervalle non réduit à un point est nulle sur cet intervalle); ou des citations inappropriées, comme "théorème de la double limite" pour l'interversion limite-intégrale, "théorème de Cauchy-Schwarz" pour l'existence et l'unicité de la solution d'un problème de Cauchy.

### Détail des questions

Question 1. L'intégrabilité n'est pas à prouver, puisque c'est du cours. En revanche, la valeur de l'intégrale ne l'est pas. L'existence des moments est souvent mal traitée : on ne dit pas :  $x \rightarrow x^n g(x)$  est intégrable en  $+\infty$ , mais sur  $]0, +\infty[$ . On peut déplorer que dans quelques copies,  $x \rightarrow 1/x^2$  soit intégrable sur  $]0, +\infty[$ , voire sur  $\mathbb{R}^+$ .

Question 2. Dans trop de copies, on voit parachuter la négligeabilité de  $x^n \phi(x)$  devant  $1/x^2$  au voisinage de  $+\infty$ . Il faut le justifier par recours aux croissances comparées usuelles. Un nombre non négligeable de candidats font l'erreur de considérer l'intégrale sur  $\mathbb{R}^+$  et non sur  $\mathbb{R}$ .

Question 3. « L'intégrale convergente d'une fonction impaire sur un intervalle centré est nulle » n'est pas du cours. Il faut donc le démontrer et il est pertinent de procéder à un changement de variable. La plupart des candidats expriment  $m_{2p+1}$  en fonction de  $m_{2p-1}$  et en

déduisent  $m_{2p+1}$  en fonction de  $m_1$  puis montrent que  $m_1 = 0 = m_{2p+1}$ . C'est correct, mais plus long.

Question 4. L'intégration par parties utilisée pour relier  $m_{2p}$  à  $m_{2p-2}$  est trop souvent mal (ou trop tardivement) justifiée. Il faut s'assurer que le crochet admet des limites finies aux bornes de  $\mathbb{R}$  avant d'écrire tout lien numérique entre les deux intégrales.

Question 5. Cette question est souvent évitée. Parmi les candidats qui l'ont abordée, la moitié fournit un bon exemple, l'autre lit mal l'énoncé qui demande une densité sur  $\mathbb{R}$  et non  $\mathbb{R}^+$  ou  $[1, +\infty[$ .

Question 6. Il s'agit d'une question traitée par la quasi-totalité des candidats.

Question 7. Cette question peut être traitée de plusieurs façons, par l'algèbre, l'analyse ou les probabilités. Attention à ne pas écrire  $(k-1)!$  pour  $k=0$ . Le recours au résultat de la question 6 doit être plus clair dans de nombreuses copies.

Question 8. La plupart des candidats utilise correctement l'égalité  $k^2 = k(k-1) + k$ , mais on rencontre souvent les mêmes problèmes que dans la question 7.

Question 9. Une grande majorité des candidats obtient l'expression correcte  $nx(1-x)$ . La constante optimale  $C = 1/4$  doit être justifiée. Toute constante  $C \geq 1/4$  est acceptée à condition qu'elle soit également justifiée.

Question 10. Cette question est moins abordée en général. Les candidats qui pensent à utiliser Q6 pour décomposer  $B_n(x) - f(x)$  en une somme s'en sortent bien, à condition de bien justifier chaque étape de la majoration. On déplore dans certaines copies le bluff qui consiste à parvenir au majorant attendu de manière malhonnête.

Question 11. Il s'agit d'une question plus délicate. Les candidats qui pensent à faire valoir Q9 mènent le raisonnement à son terme.

Question 12. Cette question peut être traitée très rapidement en invoquant la linéarité de l'intégrale. On rencontre trop souvent des raisonnements alambiqués, voire erronés. Le sujet précise que  $P$  est une fonction polynomiale, donc n'est pas - a priori - monomiale. On trouve de grossières erreurs de logique : "La propriété est vraie pour tout monôme  $X^n$ , or  $X^n$  est un polynôme, donc la propriété est vérifiée pour tous les polynômes !".

Question 13. Cette question est presque toujours mal traitée. Le plus simple est l'usage du théorème d'intégration terme à terme d'une suite de fonctions continues convergeant uniformément sur le segment  $[0, 1]$ . Mais il faut alors démontrer la convergence uniforme de la suite  $((f-g)P_n)$  et ne pas se contenter de celle de  $(P_n)$ . Beaucoup de candidats vérifient des hypothèses sur une suite de fonctions et appliquent le résultat à une autre.

Question 14. Il manque souvent l'hypothèse de continuité de la fonction  $(f-g)^2$ . On attend une vraie preuve de la nullité de  $\int_0^1 (f(t) - g(t))^2 dt$ . Un laconique "d'après les questions précédentes" ne sauraient convaincre, d'autant que certains pensent qu'une limite de fonctions polynomiale est polynomiale malgré le résultat de Stone-Weierstrass précédemment démontré.

Question 15. Il suffit de démontrer que  $\varphi^\wedge$  est continue via le théorème de continuité des intégrales à paramètre. Cette question est en général bien traitée. Il ne faut pas oublier de

mentionner que la fonction dominante  $\varphi$  est continue par morceaux, positive et intégrable sur  $\mathbb{R}$  d'après l'énoncé.

Question 16. Il manque souvent une ou plusieurs hypothèses de régularité au théorème de dérivabilité attendu ici. Certains candidats confondent les variables et dérivent parfois par rapport à  $t$ . La domination doit être celle du module de la dérivée partielle par rapport à  $\zeta$  et être réelle positive et intégrable sur  $\mathbb{R}$ . Il n'existe pas d'ordre dans l'ensemble des nombres complexes !

Question 17. L'intégration par parties qui permet de relier  $\varphi^{\wedge'}$  à  $\varphi^{\wedge}$  doit être renseignée. En particulier, pour montrer que le crochet tend vers 0 aux bornes de  $\mathbb{R}$ , il convient, par exemple, de montrer que son module tend vers 0.

Question 18. La résolution de l'équation différentielle obtenue en question 17 est rarement bien quantifiée. La constante, a priori complexe, doit être indépendante de  $\zeta$ . Certains candidats vérifient même que la fonction proposée est bien solution et que, par unicité, c'est celle-ci. Le théorème de Cauchy-Lipschitz nécessite une condition de bord (ici  $\varphi^{\wedge'}(0) = 1$ ) et une hypothèse de continuité des coefficients.

Question 19. La positivité ne pose pas de problème aux candidats. En revanche, la continuité est souvent mal traitée. On lit trop souvent que la fonction  $f$  est prolongeable par continuité en 0 (mais elle y est déjà définie !). Quant au calcul de la limite de  $f$  en 0 ou la négligeabilité de  $f$  devant  $1/x^2$  au voisinage de  $+\infty$ , ils ne sont que très rarement bien prouvés. A noter également que le changement de variable qui permet de relier l'intégrale de  $f$  à celle de  $\varphi$ , est précipité et mal rédigé. Il faut mentionner les deux intervalles d'intégration en bijection  $C_1$ .

Question 20. Le texte suppose que  $I_n$  est une intégrale convergente. Mais l'intégrale complexe de cette question doit être étudiée avant toute manipulation (changement de variable identique à la question précédente), ou alors on précise qu'il s'agit de  $\varphi^{\wedge}(2\pi - in)$ , donc d'une intégrale convergente.

Question 21 - Le bon usage de Q18 est fréquent, mais le calcul du nombre complexe  $-(2\pi - in)^2/2$  est source de trop nombreuses erreurs.

Question 22 - Cette question est souvent partiellement abordée. A noter qu'il n'est pas demandé de fournir toutes les valeurs de  $\alpha$  vérifiant les conditions indiquées. Autrement dit, fournir un intervalle non trivial comme  $]0, 1]$  ou bien l'union  $[-1, 1] \cup \{0\}$  et vérifier, par des références explicites à des questions précédentes, qu'il convient est suffisant.

Cette année encore, le jury a eu à déplorer de nombreuses lacunes dues à un manque de rigueur des candidats. Parmi celles-ci, on peut citer :

- un manque d'interrogation systématique de l'existence des objets considérés ;
- les hypothèses nécessaires à l'application du théorème de changement de variable ou d'intégration par parties sont presque toujours absentes ou partielles ;
- les théorèmes de régularité des intégrales à paramètre sont souvent connus approximativement. Soit il manque une hypothèse, soit il y a confusion entre la variable d'intégration et le paramètre;
- plus d'un tiers des candidats affirme sans sourciller que «  $1/x^2$  est intégrable sur  $\mathbb{R}$  » ;

- beaucoup de candidats font des erreurs systématiques sur les manipulations d'inégalités. Ces questions apparemment anodines ont très souvent fait le tri entre les meilleurs candidats et les autres.





## 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 entonnés 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 un peu 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 pléthore, 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 cadres 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, que des résultats donnés sans justification et sans la moindre rédaction ne peuvent pas être pris en compte et que rédiger consiste à faire une phrase complète (et donc on ne commence pas une réponse par « parce que »).

## 2.2. Physique I — MP

### Présentation du sujet

Le sujet Physique I MP proposait d'étudier différents phénomènes physiques spécifiques aux régions polaires. La première partie de cette épreuve s'intéressait au géomagnétisme du globe. Après une caractérisation du champ magnétique terrestre (questions 1 et 5), les candidats étaient invités à étudier un modèle simplifié de dynamo pour rendre compte du fonctionnement du champ magnétique terrestre (questions 6 à 11). La deuxième partie du sujet était consacrée à l'étude des frottements d'un traîneau sur la glace (questions 12 à 16). L'épreuve se terminait par une étude thermique de la croissance hivernale de l'épaisseur de glace sur la banquise (questions 17 à 23).

### Remarques générales

Le sujet pouvait apparaître facile de prime abord, mais revêtait de nombreuses difficultés pour les candidats. L'épreuve comportait très peu de questions dont les résultats étaient donnés. En ce qui concerne les thématiques abordées dans ce sujet, les parties magnétisme et mécanique ont posé des difficultés aux élèves. La partie thermique sauve une majorité de candidats avec quelques démonstrations proches du cours ou fortement inspirées d'exercices classiques.

Le jury souhaiterait insister sur les points généraux suivants :

- De nombreuses copies font apparaître des résultats qui ne sont pas homogènes, des applications numériques sans unité ou avec des unités erronées. Trop de candidats ne connaissent pas les unités de base de certaines grandeurs, ou ne montrent pas assez de lucidité et d'esprit critique pour corriger des résultats qui semblent erronés. Le jury est inquiet à propos de certaines copies qui montrent une certaine légèreté vis-à-vis de ces questions. À l'inverse, certains candidats n'arrivant pas à démontrer un résultat s'appuient sur l'analyse dimensionnelle pour essayer de l'obtenir, ce qui est une bonne démarche à défaut de pouvoir démontrer le résultat rigoureusement.
- On peut constater, plus particulièrement dans les parties magnétisme et mécanique, de nombreux raisonnements superficiels et décousus, alors qu'une approche rigoureuse adossée aux compétences acquises en CPGE permettait bien souvent de répondre à la question et d'obtenir l'intégralité des points affectés à la question.
- La réalisation d'un schéma complet et soigné épargne très souvent des erreurs dans les projections et permet également d'initier un raisonnement physique construit. Un schéma en mécanique doit faire apparaître correctement le système, les axes de projection, les angles, les points d'application des forces s'exerçant sur un système non réduit à un point matériel, les forces s'exerçant sur le système.

Certaines erreurs récurrentes sont également à mentionner :

- Quand l'énoncé précise que le résultat doit être formulé dans un certain jeu de coordonnées, il convient de se conformer à ce qui est demandé.
- La géométrie du champ magnétique terrestre est très souvent méconnue.
- Les études des invariances et symétries pour la détermination d'un champ magnétique sont rarement effectuées de manière correcte.

- Très souvent, les candidats ne prennent pas la peine de démarrer un raisonnement par une formule générale. L'utilisation de formules valables sous certaines hypothèses ou dans certaines géométries a conduit à de nombreuses erreurs.
- Le passage par une grandeur infinitésimale est très souvent omis au profit d'une expression intégrale souvent mal écrite ou inadapté au cas envisagé.
- Les applications des théorèmes généraux en mécanique se sont révélées très souvent catastrophiques.
- La prise en compte des frottements est très souvent mal traitée par les candidats.
- Les hypothèses et étapes pour établir l'équation de la diffusion thermique sont présentes, mais le raisonnement sous-jacent est superficiel.

### Remarques particulières

Dans la suite de ce rapport, nous proposons de revenir brièvement sur certaines erreurs revenues fréquemment, question par question.

Question 1. On ne pouvait pas se borner à affirmer la stabilité sans justification. La nullité du couple ne prouve pas, à elle seule, la stabilité de l'équilibre. Un nombre non négligeable de copies indique que l'équilibre n'est pas stable, car l'aiguille oscille autour de la position d'équilibre lorsqu'on l'en écarte un peu. Le jury invite vivement les futurs candidats à s'appropriier la notion d'équilibre "stable" et les méthodes pour discuter cette stabilité. Peu de candidats évoquent l'énergie potentielle pour justifier, formule pourtant rappelée en annexe du sujet.

Question 2. Le TMC est peu souvent mis en œuvre. Dans bien des cas, le calcul du produit vectoriel est faux. Quand le calcul a pu être mené à bien, les candidats ont régulièrement oublié le facteur  $2\pi$ , ou ont inversé le quotient dans l'expression de la période.

Question 3. Les candidats sont invités par l'énoncé à écrire le résultat dans la base sphérique. Il est également appréciable de procéder à des simplifications élémentaires au numérateur et au dénominateur quand un résultat est encadré.

Question 4. Un moment magnétique n'est pas sans unité. Beaucoup de candidats se trompent de signe lorsqu'il s'agit d'exprimer le champ magnétique.

Question 5. Question très peu abordée par les candidats ou de manière superficielle.

Question 6. L'analyse des symétries est peu ou mal (choix d'un plan inadapté) utilisée pour déterminer la direction du champ magnétique. Le résultat a été souvent parachuté. Le lien entre flux propre, coefficient d'inductance propre et intensité du courant est peu connu.

Question 7. Il est recommandé aux candidats de donner explicitement l'expression littérale de la définition d'une grandeur (force de Laplace infinitésimale ou moment infinitésimal) et d'appliquer ensuite l'expression à une géométrie particulière.

Questions 8. Question qui n'a pas posé de problème. Le bilan de la conversion électromécanique est connu.

Question 9. Quelques erreurs sont à relever sur les conventions d'orientation pour l'équation électrique.

Question 10. Les candidats qui avaient obtenu les coefficients demandés à la question précédente ont généralement prouvé la conservation de  $H$ . La suite de la question a été largement laissée de côté. La moitié des quelques copies ayant calculé le gradient de  $H$  oublie la racine carrée ou la possibilité que  $i$  soit négatif. Il est dommage de mener correctement un calcul peu habituel et rater les dernières étapes, surtout quand elles sont plus simples.

Question 11. Question très peu abordée.

Question 12. Question peu réussie. Les démonstrations sont très souvent hasardeuses et peu rigoureuses.

Question 13. Il est dans l'intérêt des candidats de réaliser un schéma clair, avec un bilan des forces précis (attention au point d'application d'une force). Cette question a été largement ratée par les candidats. De nombreuses erreurs sur les projections également.

Question 14. La moitié des candidats utilise le coefficient de frottement de glissement pour exprimer la force limite de rupture du contact.

Question 15. Le coefficient bêta possède une unité. Cette question montrait l'aisance de certains candidats sur ce type de résolution.

Question 16. Question qui mobilisait des formules classiques et qui a été peu réussie dans l'ensemble. De grosses lacunes chez certains candidats.

Question 17. Les candidats ont majoritairement obtenu l'équation de la diffusion thermique. Certains points de justification sont erronés, mais la démonstration de cours est maîtrisée dans l'ensemble.

Question 18. Question souvent mal traitée (même l'analyse dimensionnelle), pourtant très proche du cours.

Question 19. Un nombre non négligeable de copies ne définit pas les résistances thermiques alors que cela était demandé dans l'énoncé.

Question 20. De nombreuses erreurs dans cette question : une rapide vérification d'homogénéité (en s'appuyant sur les questions précédentes) permettait pourtant de s'apercevoir que  $hS$  ou  $h$  ne peuvent être égaux à une résistance thermique.

Question 21. Pour la justification du modèle électrique, le jury attendait plus que la seule justification de l'association série. Que modélise physiquement la source de courant ? La présence du dipôle  $D$  ?

Question 22 et 23. Questions peu abordées. Le jury invite les futurs candidats à s'entraîner à utiliser la loi des nœuds en termes de potentiels, abordée en électronique et qui peut être appliquée ici.

### 2.3. Physique II — MP

L'épreuve comportait deux parties équilibrées, l'une consacrée à la vérification de la loi de Gladstone-Dale, l'autre au refroidissement par désaimantation adiabatique, représentant respectivement 53% et 47% des points du barème. Le problème était progressif, mais des questions très accessibles jalonnaient les deux parties ce qui a permis aux candidats d'aborder en général une grande partie des questions. Bien que les calculatrices soient interdites, ce qui allonge nettement le temps consacré aux applications numériques, le problème était

manifestement bien calibré en longueur eu égard aux nombres de questions que les candidats ont eu le temps de traiter.

Entrons maintenant dans le détail des diverses questions :

Question 1. Question bien traitée dans l'ensemble bien que certains étudiants aient utilisé dans la même équation la même notation  $n$  pour l'indice et le nombre de moles. Une relation de proportionnalité s'exprime plus clairement en introduisant une constante multiplicative.

Question 2. Dans cette question le jury a vu le meilleur comme le pire. Bien que l'interféromètre de Michelson soit au programme en cours et en TP, certains ne le connaissent manifestement pas et le confondent avec les fentes d'Young ! Le tracé des rayons est en général bien fait même si des délires géométriques émaillent certaines copies heureusement peu nombreuses (rayons arrivant en incidence normale au centre d'une lentille convergente pour émerger à  $45^\circ$ , rayons se réfléchissant d'un miroir à un autre en passant derrière la séparatrice...). Les candidats savent placer convenablement la lentille de sortie. En revanche il n'en est pas de même pour celle d'entrée. Quant à son intérêt... Plus grave à nos yeux, seule une minorité d'étudiants arrivent à redémontrer la formule donnant le rayon des anneaux. Beaucoup d'entre eux écrivent le l'ordre du  $k^{\text{ième}}$  anneau est  $k$  et ne savent pas que l'ordre diminue quand on s'éloigne du centre de la figure.

Question 3. Le facteur 2 manque dans presque la moitié des copies, les candidats ayant oublié que le rayon lumineux traverse deux fois la cuve.

Question 4. Peu de valeurs numériques justes hélas. Pour l'exploitation à l'ordinateur, le jury attendait à minima les mots de « régression linéaire ».

Question 5. Même si l'équation différentielle a été souvent trouvée, les correcteurs ont souvent cherché un bilan des forces correctement fait. Nombre de candidats confondent le fait de négliger  $B$  et de négliger son effet via la force de Lorentz. Dire que  $B$  est en  $E/c$  donc négligeable ne répondait pas à la question.

Question 6. Comme précédemment, dire que le noyau est plus lourd que l'électron ne justifie pas à lui seul le fait qu'on néglige son mouvement. Si on ne met pas en regard les forces subies, on n'a rien démontré du tout.

Question 7. Cette question a été massacrée. Le filtre n'est très souvent pas reconnu. Les étudiants se lancent dans des dérivées inutiles pour trouver le maximum. En moyenne seuls 3% d'entre eux ont fait un diagramme de Bode correct. Certains reconnaissent un filtre passe-bas puis tracent un diagramme correspondant à un passe-bande, ou l'inverse. Aucune cohérence alors que ces filtres sont étudiés en cours et en TP. Beaucoup semblent ignorer que la valeur du facteur de qualité influe sur le positionnement de la courbe par rapport aux asymptotes.

Question 8. En dehors des quelques étudiants qui, en fin de Spé ne connaissent toujours pas les équations de Maxwell, cette question a été plutôt bien traitée même si certains candidats se sont évertués à faire apparaître coûte que coûte la permittivité relative dès le début des calculs

Question 9. RAS

Question 10. Très peu d'applications numériques justes. Comment des candidats peuvent-ils laisser des pulsations en  $10^{-16}\text{rad.s}^{-1}$  ?

Question 11. Question bien traitée dans l'ensemble.

Question 12. Le parti pris de l'énoncé de vouloir utiliser des normes pour évacuer les questions de signes a plutôt perturbé les candidats. Certains ont pris les choses en main et ont fait une rédaction très rigoureuse. D'autres ont servi une belle salade composée aux vecteurs, composantes et normes.

Question 13. RAS

Question 14. Question plus calculatoire, ce qui a ravi les candidats.

Question 15. Encore quelques calculs, bien faits dans l'ensemble.

Question 16. Toujours des calculs sous la forme d'un DL qui a été globalement assez mal réussi.

Question 17. La question a été en général mal comprise. Les correcteurs ont rarement trouvé dans les copies l'évocation de la limite d'ordre et de désordre. L'allure de la courbe est souvent donnée après des justifications pour le moins étranges. L'appel au sens physique des candidats n'est jamais décevant...

Question 18. Il y avait ici une incohérence de l'énoncé puisque  $h$  dépendait de  $B$  et  $T$ . La présentation de l'énoncé a perturbé quelques bons candidats, mais les autres se sont majoritairement rués sur le calcul sans se poser la moindre question.

Question 19. La manipulation de dérivées partielles n'est plus trop dans l'esprit des programmes même si elle est utilisée de manière formelle dans le cours de thermochimie. Cela s'est bien senti dans les copies : la notion de fonction d'état n'est jamais invoquée et les manipulations des dérivées partielles sont très souvent fantaisistes

Question 20. Il y a souvent eu confusion entre isenthalpique et isentropique. Peu de candidats ont fourni une démonstration correcte à cette question.

## 2.4. Physique I — PC

### Présentation du sujet

Le sujet abordait quatre problèmes physiques, liés par le thème de l'arctique. Ces quatre problèmes étaient largement indépendants, et portaient sur des parties distinctes du programme de physique de PCSI et de PC : magnétostatique, mécanique, transferts thermiques et mécanique des fluides.

La première partie s'intéressait à l'utilisation de la boussole, en rapport avec l'allure du champ magnétique à la surface de la Terre.

La seconde partie, découpée en deux parties indépendantes, s'intéressait d'une part à la condition de démarrage d'un traîneau à chiens, et à sa dynamique en virage, et d'autre part à la vitesse de croissance de la couche de glace à la surface de l'eau.

La troisième partie était une modélisation d'un phénomène observé de dérive des navires pris dans les glaces.

### **Remarques générales**

Le sujet proposé, découpé en parties largement indépendantes, devait permettre aux candidats d'aborder un grand nombre de questions. Si la plupart des questions sont en effet traitées par les candidats, trop peu l'ont été correctement, alors même que le nombre limité de ces questions laissait du temps pour le faire.

De manière générale, les questions nécessitant le choix d'un repère ou d'une base adaptée (questions 2, 7 et 10) ont perturbé les candidats (sauf évidemment les meilleurs). La prise d'initiative est nécessaire dans ce genre de questions, et doit être faite posément : des réponses trop qualitatives ou basées sur une simple analyse dimensionnelle sont le plus souvent insuffisantes.

Cette année encore, les candidats ayant une bonne maîtrise du cours de physique (et des outils mathématiques liés) ont pu réussir cette épreuve. La capacité d'analyse des phénomènes physiques était également valorisée par certaines questions (questions 1, 5, 15, 18, 19 ou 24, par exemple).

Si certains candidats ont bien réussi telle ou telle partie du sujet, trop peu l'ont fait sur l'ensemble des parties.

### **Remarques particulières**

#### **Pôles géographiques et magnétiques**

Cette partie a déstabilisé beaucoup de candidats.

Question 1. Les raisonnements proposés dans cette question sont beaucoup trop approximatifs. Par exemple : « la boussole indique le nord, car elle s'aligne sur le champ » sans faire de lien avec la nullité du couple ou le minimum d'énergie potentielle.

Lu dans beaucoup de copies : « indique le nord, car le champ est plus intense au nord »

Pour la stabilité, quelques explications qualitatives, mais très peu de raisonnements vraiment aboutis.

Question 2. Il fallait dans cette question poser proprement un modèle mécanique : système d'axes adapté et l'angle permettant de décrire la rotation considérée. Cela a été peu fait. Des erreurs de signe dans l'équation (et donc une solution en  $ch/sh$ ), ce qui n'empêche pas un trop grand nombre de candidats d'en conclure qu'il y a bien oscillation.

Question 3. Dans trop de copies, on observe une confusion entre coordonnées cylindriques et sphériques. Des erreurs de signes également.

Question 4. Pour  $M_0$ , beaucoup d'erreurs d'unité (ou pas d'unité du tout). Pour  $B_p$ , beaucoup d'expressions littérales autres que  $2Be$ .

Question 5. Signe faux pour la plupart des copies. Question rarement bien traitée.

### **Un traîneau sur la glace**

Des réponses globalement mieux construites que dans la partie précédente.

Question 6. Pas de raisonnement satisfaisant pour la plupart des candidats

Question 7. Comme dans la question 1, le traitement dynamique du système pose de gros problèmes. Beaucoup trop de discours, et pas assez de formalisation. Les lois de Coulomb sont mal utilisées voire mal connues.

Question 8. L'utilisation des lois de Coulomb est là encore problématique.

Question 9. Quelques équations différentielles posées correctement, mais la résolution est en ce cas parfois laborieuse. Pour  $\beta$  beaucoup d'analyse dimensionnelle (peu de valeurs exactes).

Question 10. Question peu abordée. La cinématique est souvent mal maîtrisée (trajectoire circulaire uniforme) ; problèmes avec la projection des vecteurs dans une base pas toujours adaptée.

### **Croissance hivernale de l'épaisseur de glace**

Le sujet était rédigé de manière plus cadrée, ce qui a probablement rassuré les candidats.

Question 11. Question de cours bien traitée.

Question 12. La notion de régime quasi permanent est claire pour environ la moitié des candidats.

Question 13. Question de cours bien maîtrisée par la plupart. Cependant quelques expressions inhomogènes.

Question 14. Expression souvent correcte, mais l'explication est souvent floue.

Question 15. Cette question nécessitait un peu de réflexion, et d'explications claires. Des justifications fausses du style «  $\Phi$  traverse les trois résistances » ou encore « les 3 résistances sont en série ». L'expression de  $\Phi$  est parfois donnée par analyse dimensionnelle.

Question 16. Rappelons ici que le changement d'état était isobare et donc à température constante.

Question 17. Cette question pouvait être partiellement abordée, même avec des expressions erronées dans les questions précédentes.

Question 18. Quelques candidats (trop peu) ont eu la bonne idée de résoudre l'équation du second degré fournie, quelques-uns l'ont fait correctement jusqu'au bout. Peu de commentaires pertinents sur les graphes.

### La spirale d'Ekman

Environ la moitié des candidats ont traité cette partie. Ceux qui ont correctement posé les choses (questions 20 et 21) ont souvent bien avancé sur la résolution (questions 22 et 23).

Question 19. Il n'était pas nécessaire ici de faire de longs discours : une ébauche de raisonnement microscopique, ou bien une référence à une expérience du quotidien suffisait.

Question 20. Beaucoup de candidats perturbés par les forces massiques. Beaucoup d'erreurs sur la force de Coriolis (problème de signe, facteur 2 oublié, produit vectoriel hasardeux ...)

Question 21. Des confusions entre grandeurs massiques ou volumiques, problème de signe avec  $(-\vec{V}P)$  et donc dans l'expression de  $P(z)$ .

Question 22. Obtention de  $\delta$  par analyse dimensionnelle souvent correcte (même avec des équations fausses).

Question 23. Quelques candidats sont parvenus à obtenir les expressions correctes des composantes du champ des vitesses.

Question 24. Question très peu abordée.

### Conclusion

Le jury rappelle aux candidats que la maîtrise de leur cours est une condition essentielle à la réussite d'une épreuve telle que celle-ci.

Les candidats amélioreront leurs résultats en se concentrant sur un nombre plus réduit de questions et en les traitant de manière plus complète.

La rédaction de ces questions doit être faite de manière claire et concise comme le précise le programme.

Pour ces raisons, le jury recommande aux candidats l'utilisation d'un brouillon qui permettra de poser leur raisonnement, de clarifier leur rédaction et de corriger les erreurs liées à une réponse impulsive.

## 2.5. Physique II — PC

### Remarques générales

Le sujet portait sur différents aspects de la physique des arbres et abordait plus spécifiquement la mécanique et la mécanique des fluides. Il disposait de nombreuses parties indépendantes portant sur des points variés des programmes de physique de PCSI et PC, permettant aux candidats de pouvoir toujours faire quelque chose. Pour avoir un score correct, il fallait néanmoins ne pas se contenter de faire les premières questions des parties.

Les copies sont globalement assez bien rédigées et soignées. Les résultats sont encadrés et la plupart des schémas ou courbes sont tracés à l'aide d'une règle. L'ensemble conduit à un

certain confort pour le correcteur. Néanmoins, les correcteurs ont également eu à corriger quelques copies très mal soignées et rédigées.

Les applications numériques se font sans calculatrice et sont donc généreusement rémunérées, car le jury a conscience du temps et des efforts que certaines d'entre elles nécessitent. À ce sujet, le jury rappelle que ça n'est pas à lui de finir le calcul. Merci donc 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...Il convient également de ne pas laisser sur sa copie des applications numériques qui donnent des résultats totalement aberrants sans commentaires.

De nombreux candidats parviennent à démontrer les relations demandées par l'énoncé en partant d'une relation totalement fautive (par exemple : un bilan de forces non homogène, une force volumique est sommée à des forces globales) et en effectuant un « tour de passe-passe » lors du calcul. Les futurs candidats peuvent être assurés que le jury n'est pas dupe de telles malhonnêtetés et que ce genre de comportement sur une question est sanctionné et nuit à l'ensemble de la copie.

Un grand nombre d'équations ou de résultats démontrés dans les copies présentent des problèmes d'homogénéité. Les dimensions et les unités sont mal utilisées et on y trouve beaucoup d'erreurs liées à des problèmes de conversion d'unités.

D'autre part, lors des questions de physique qualitatives, des explications précises et des arguments clairs dans un français correct sont attendus. Trop de candidats « tentent leur chance aléatoirement » sans avoir une réelle idée de la réponse. Les futurs candidats peuvent être convaincus que cela ne passe pas inaperçu et donne une piètre opinion de l'ensemble de la copie.

### **Remarques particulières**

Question 1. La majorité des candidats a été en mesure de trouver l'expression de la pression dans un arbre. Un commentaire était demandé, il est assez souvent absent. Certains candidats perdent ainsi l'occasion d'un gain de points très accessible.

Question 2. Le signe de la pression est souvent mal ou peu justifié.

Question 3. De trop nombreux candidats se trompent sur l'expression de la surface d'une sphère. Les calculs différentiels sont parfois fantaisistes. La rigueur n'est pas toujours au rendez-vous et les formes différentielles ne sont pas correctement écrites.

Question 4. Très peu de copies comportent une étude complète de la courbe  $\epsilon(x) = \frac{E_p(x)}{E_a}$ .

Visiblement peu de candidats utilisent les conditions aux limites pour tracer les asymptotes.

Question 5. Le commentaire demandé est très souvent absent. La traduction de la stabilité d'un équilibre en termes de signe de la dérivée seconde de l'énergie potentielle n'est pas maîtrisée par certains candidats.

Question 6. Cette question a été globalement bien traitée par les candidats. La plupart pensent à utiliser le caractère incompressible de l'écoulement et utilisent le fait que la divergence de la vitesse du fluide est nulle. Le jury fait remarquer cependant que quelques copies présentent des justifications insuffisantes. En particulier, le débit volumique ne s'exprime pas comme le produit d'une section par une vitesse lorsque la vitesse n'est pas uniforme sur une section droite.

Question 7. Le jury a constaté des bilans des forces parfois totalement faux. La recherche du signe de  $\epsilon$  a donné lieu à beaucoup d'erreurs ou de démonstrations hasardeuses. L'expression de la pression a été trouvée par un grand nombre de candidats. Le jury a constaté cependant une confusion fréquente entre l'équation locale de Navier-Stokes et l'équation demandée. Peu de candidats ont mené avec rigueur la démonstration demandée.

Question 8. Quelques candidats ont confondu le débit massique et le débit volumique. La condition d'adhérence du fluide sur le bord extérieur n'est pas toujours traduite pour déterminer la constante d'intégration dans l'expression de la vitesse du fluide  $v(r)$ .

Question 9. La réponse à cette question était conditionnée par les précédentes, mais la réponse était donnée. Un candidat honnête conservant une erreur n'a pas été pénalisé, en revanche obtenir artificiellement le bon résultat a été pénalisé.

Question 10. Attention, la longueur caractéristique à faire apparaître dans le nombre de Reynolds est  $a$  et non pas  $R$ . Certains candidats obtiennent des valeurs numériques de la vitesse d'écoulement de la sève totalement aberrantes et parfois même supérieures à la vitesse de la lumière dans le vide ! Le jury rappelle qu'il convient de ne pas laisser sur sa copie des applications numériques qui donnent des résultats totalement aberrants sans commentaires.

Question 11. Beaucoup de candidats confondent la notion de force et celle de force volumique. Beaucoup de candidats se trompent sur le schéma en choisissant notamment une base non directe. L'expression de la force d'inertie de Coriolis est souvent mal connue des candidats et la représentation de cette force d'inertie de Coriolis pose problème notamment pour  $x < 0$ . Le jury a constaté un manque de rigueur dans l'écriture des formes différentielles.

Question 12. Le jury a constaté quelques démonstrations illégales. La distinction entre force et densité de force volumique n'est pas toujours comprise, ce qui donne lieu à beaucoup de relations non homogènes. La non-maîtrise fréquente du lien entre l'équation de Navier-Stokes et le bilan proposé ici a permis de favoriser les candidats rigoureux.

Question 13. Dans cette question, bien souvent, la pression en  $x = 0$  n'est pas exprimée en fonction des données demandées par l'énoncé.

Q14 : Certains candidats n'ont pas compris que  $v = 0$ , car l'eau est, d'après l'énoncé, « quasiment en équilibre relatif dans les réservoirs tournants ». Cet équilibre relatif n'a pas été souvent utilisé.

Question 15. L'écriture de  $\Delta P = -3$  sans aucune unité est apparue bien trop souvent. Une lecture attentive du texte permettait de gagner des points.

Question 16. Le jury a constaté des erreurs de signe dans les projections. Les projections donnent des résultats étonnamment faux pour des étudiants en classe de PC. La confusion entre la norme et la grandeur algébrique est aussi fréquente. Le texte de l'énoncé était pourtant clair...

Question 17. Il fallait faire attention à bien écrire les lois de Coulomb avec les normes et non avec les valeurs algébriques ce qui pouvait donner lieu à des résultats sans aucun sens physique.

Question 18. Le moment du poids n'était pas nul, il existe bien un bras de levier non nul en  $O$  pour le poids. Les candidats doivent être attentifs au signe du moment du poids.

Question 19. Question plutôt simple, mais qui a parfois bloqué les candidats.

Question 20. Le jury a constaté très peu d'analyse qualitative dans les copies. Un certain nombre de candidats montrent quantitativement que l'angle optimal est de  $\frac{\pi}{4}$  dans tous les cas, en contradiction avec leur réponse à la question suivante.

Question 21. Lorsque cette question a été abordée, les réponses ont été plutôt correctes. Cependant, le jury a constaté des justifications insuffisantes de l'expression demandée par manque de rigueur dans le calcul du moment mécanique.

Question 22. Le jury rappelle, une fois de plus, qu'une application numérique ne doit pas faire figurer des fractions ou des racines. Le commentaire sur l'intensité de la force exercée sur la corde, très souvent absent, pouvait être fait facilement en la comparant avec le poids du bûcheron par exemple.

Question 23. Bien que peu fréquente, l'écriture d'une énergie potentielle diminuant avec l'altitude apparaît dans de trop nombreuses copies. Sur les schémas proposés, trop souvent le centre de gravité n'apparaît pas. Ceci entraîne bien souvent des erreurs dans l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur demandée. Des candidats possédant un peu de sens physique ont répondu efficacement à la détermination de l'angle limite de chute sans avoir déterminé l'évolution du centre de gravité.

Question 24. L'ordre de grandeur de la vitesse d'un vent violent donne parfois lieu à des valeurs complètement fausses et en contradiction totale avec le bon sens (1000 km/h par exemple...). De nombreux candidats oublient également de convertir la valeur numérique de la vitesse en m/s pour calculer le nombre de Reynolds. Les conversions des vitesses de km/h à m/s posent parfois problème aux candidats !

Question 25. Dans cette question, très peu de candidats ont vu que la distribution de force était uniforme, ce qui évitait de calculer une intégrale.

Question 26. Le jury a constaté très peu d'analyse qualitative pour cette question.

Question 27. Lorsque cette question a été abordée, les réponses ont été plutôt correctes.

Question 28. Beaucoup de candidats n'ont pas pris conscience que  $\Gamma_0$  était négatif. Les réponses à cette question ont rarement comporté un graphique alors que la question le demandait explicitement. Arrivée en fin d'épreuve, cette question, pourtant intéressante, a souvent été négligée et quasiment jamais complètement résolue.

Question 29. La plupart des candidats abordant cette question sont en mesure d'écrire le théorème du moment cinétique, mais des erreurs de calculs ou de signes font que l'expression du polynôme n'est que rarement juste. Cette question n'a quasiment jamais été complètement résolue.

Question 30. Cette question n'a été pratiquement pas traitée par les candidats.

## Conclusion

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.

## 2.6. Physique I — PSI

### Remarques générales

Le sujet « Physique en Arctique » proposé aux candidats comportait quatre parties :

I.A : magnétostatique et dipôles magnétiques

I.B : mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique non uniforme

II.A : mécanique d'un traîneau

II.B : thermique d'une couche de glace.

Il couvrait donc des domaines divers et classiques du programme de physique de la filière PSI, et de nombreuses questions, proches de questions de cours, récompensaient les candidats sérieux et méticuleux.

L'impression du jury a pourtant été globalement défavorable. La principale déception est la constatation d'une épidémie de réponses affirmatives, se contentant de reformuler la question, sans se préoccuper le moins du monde de proposer une justification. Cette remarque concerne les questions 1, 2, 4, 6, 9, 11. Le pire est que la plupart des candidats concernés n'a certainement pas eu conscience de la vacuité de ce type de réponse. Faut-il y voir une conséquence désastreuse de la multiplication des sujets de Baccalauréat où la reformulation suffit à obtenir les points, où la compétence « extraire de l'information » semble être une fin en soi ?

Comme toujours, hélas, quand l'énoncé demande d'établir un résultat, certaines copies montrent des prouesses d'imagination de la part de leur auteur pour démontrer à tout prix le résultat obtenu. Rappelons que tous les moyens ne sont pas bons, et que le jury sanctionne systématiquement les démonstrations fausses qui conduisent à un résultat juste.

### Remarques particulières

Question 1. Cette question a été souvent très mal traitée. L'étude d'un équilibre dans un problème à un degré de liberté et la discussion de sa stabilité sont pourtant considérées comme des acquis fondamentaux.

Question 3. L'expression générale était donnée à la fin de l'énoncé. On a souvent noté des difficultés de nature géométrique pour son application au problème posé.

Question 6. Cette question élémentaire du programme de première année a été elle aussi souvent bien mal traitée.

Question 9. L'équation de Maxwell (Maxwell-flux, dite aussi Maxwell-Thomson) concernée devait être explicitée, et une vérification minutieuse montrait qu'elle n'était (heureusement) pas prise en défaut.

Question 15. De nombreuses fautes sont à signaler dans l'écriture de la loi de la quantité de mouvement.

Question 16. Encore une question classique bien malmenée.

Un jury ne se réjouit jamais d'une épreuve globalement médiocrement traitée. Dans celle-ci, un nombre significatif de candidats rigoureux, et connaissant bien leur cours ont heureusement tiré leur épingle du jeu avec honneur.

Nous émettons le souhait que les candidats des années à venir fassent preuve de ces deux qualités essentielles, et ne se perdent pas dans un verbiage stérile et qui prête parfois à sourire, comme cette réponse à la question 10, reproduite telle quelle :

*« L'énergie est beaucoup plus importante donc c'est beaucoup plus fort que les effets de la pesanteur (grande vitesse en partie responsable) c'est pourquoi ils se décomposent grâce à leur vitesse dans la haute atmosphère ».*

## 2.7. Physique II — PSI

### Remarques générales

Le sujet porte sur l'étude de la physique des arbres. Il est constitué de deux parties indépendantes, la première traite de la mécanique des fluides, la seconde de la mécanique du solide. Différents points d'entrée dans le sujet, sous forme de réponses fournies à démontrer permettaient aux candidats de traiter les différentes sous-parties.

Le sujet comporte plusieurs résultats fournis qu'il fallait démontrer. Il est à regretter qu'un trop grand nombre de candidats réalise des calculs faux ou malhonnêtes afin d'obtenir le résultat souhaité au lieu de se corriger pour obtenir une démonstration correcte et cohérente.

Plusieurs notions fondamentales ne sont pas maîtrisées, telles que l'énergie potentielle qui était plusieurs fois exploitée, ou encore les bilans locaux de forces dont la maîtrise est indispensable à tout sujet de mécanique.

Les calculs numériques (sans calculatrice) ne sont pas bien maîtrisés. Les candidats doivent être attentifs à ne pas s'arrêter sur des ordres de grandeurs aberrants et à ne jamais laisser un résultat numérique dimensionné sans unité. Les calculs numériques doivent être faits avec sérieux, un ordre de grandeur ne suffit souvent pas à répondre à la question posée. Nous rappelons encore une fois qu'en physique, un résultat numérique doit être donné sous forme décimale, les résultats sous forme de fraction ou contenant des racines ne sont pas acceptés. Nous encourageons les candidats à s'entraîner tout au long de l'année à la manipulation du calcul numérique sans calculette.

En ce qui concerne le calcul intégral, les candidats doivent être plus rigoureux. La manipulation des éléments différentiels suit des règles qu'il faut respecter. La non-homogénéité des éléments différentiels doit être une méthode de vérification de la cohérence des calculs.

### **Remarques particulières**

Question 1. Le sujet demande une mesure de  $z_m$ , il faut donc une application numérique.

Question 2. La pression est trop souvent définie comme la force que multiplie la surface. Il faut justifier l'obtention du lien entre la force de traction et la pression dans l'eau. Le sujet traitant de la pression négative, la question demandant le signe de la pression est là pour indiquer aux candidats qu'ils doivent trouver un signe négatif.

Question 3. Trop d'erreurs de signes sur cette question, les formules de  $\delta W_p$  et  $dE_{pot} = -\delta W_p$  doivent être connues du candidat bien préparé.

Question 4. Il serait utile de travailler les pratiques calculatoires en cours d'année de façon à aborder efficacement les applications numériques demandées. Le jury accorde un nombre non négligeable de points qui sont répartis entre les différentes applications numériques. Le tracé de la fonction epsilon (x) est le plus souvent non maîtrisé et non justifié. De nombreux candidats ont cherché à tracer la fonction sans même chercher à calculer son expression.

Question 5. On attend l'analyse qualitative en travaillant sur le minimum local et sur la barrière d'énergie potentielle. Les notions de stabilité sont très floues : énormément de contresens tant sur l'interprétation de l'énergie potentielle que du couple résistant. Même les candidats qui ont tracé la courbe se sentent obligés de dériver l'énergie potentielle pour déterminer les positions d'équilibre et pour discuter leur validité.

Question 6. La définition d'un écoulement incompressible est souvent mal maîtrisée. De nombreux étudiants confondent les trois composantes vectorielles de la vitesse avec les

variables dont elle dépend. Ils ne savent donc pas utiliser l'expression de la divergence fournie dans le sujet.

L'utilisation de la symétrie cylindrique ne permet pas de justifier que la vitesse est indépendante de  $x$ .

Question 7. La justification du sens de la force de viscosité est souvent mal maîtrisée, la conservation de la quantité de mouvement est mal maîtrisée et ne repose que trop souvent sur la notion d'écoulement stationnaire.

Question 10. Certains candidats ne trouvent pas choquant de trouver une vitesse pour l'écoulement de sève dans un arbre égale à une fraction non négligeable de la vitesse de la lumière. De plus, il ne semble pas acquis pour tous les candidats que le nombre de Reynolds est sans dimension (certains proposent le Poiseuille comme unité...).

Question 11. L'orientation des produits vectoriels est la plupart du temps fantaisiste, sans parler des "exemples" dans lesquels intervient la force centrifuge. L'homogénéité des formules n'est pas toujours bien justifiée. Les dessins sont souvent peu soignés et ne répondent pas toujours à la question.

Question 12. Il incombe au candidat de bien distinguer les notions de forces volumiques et de détailler avec rigueur le bilan des forces. Bien que l'énoncé stipule qu'on reprenait le raisonnement établi à la question 9, les candidats ne s'en servent souvent pas et certains écrivent des aberrations comme le fait d'utiliser la statique des fluides, ou la loi de la quantité de mouvement avec l'accélération d'un point matériel. Souvent les intégrations sont faites entre n'importe quelles bornes et tout conduit au résultat donné dans l'énoncé : ce n'est vraiment pas la démarche scientifique rigoureuse attendue.

Question 13. L'expression de la vitesse moyenne doit être comparée avec l'expression trouvée à la question 9. On demande bien dans l'énoncé l'expression de  $p(x=0)$  sans l'intervention de  $v_{moyen}$ .

Questions 16 et 17. Trop d'erreurs de signe, souvent dues à l'orientation inexacte de  $T_1$  ou  $T_2$  ou encore à la mauvaise maîtrise de la projection d'un vecteur.

Question 24. La justification de l'expression de la force doit porter sur le nombre de Reynolds associé à la vitesse d'un vent violent. Le jury accepte toute initiative crédible des candidats pour la valeur de cette vitesse.

Question 27. Les analyses de graphe ne doivent pas être négligées par le candidat, un nombre de points significatif y est affecté.

Question 28. Peu de candidats savent trouver correctement une position d'équilibre et sa stabilité, ces dernières ne se traitant pas toujours par l'énergie potentielle.



### 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 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. Enfin, le jury rappelle que les règles de l'orthographe et de la grammaire s'appliquent aussi dans une copie scientifique. En dépit du nombre de fois où le mot « soufre » est écrit dans l'énoncé, le jury a souffert (avec deux « f »...) de ne le voir orthographié correctement que dans une minorité de copies.

Les encres pâles sont encore fréquentes.

#### 3.2. Filière MP

##### Remarques générales

L'épreuve écrite de chimie de la filière MP porte sur les batteries lithium-soufre. Celles-ci font l'objet d'études dans le domaine des batteries rechargeables en raison d'une densité d'énergie théorique plus élevée que les batteries lithium-ion, très utilisées actuellement, mais également en raison d'un coût de production plus faible. Le sujet aborde en premier lieu, très rapidement, les structures électronique et cristallographique du soufre, puis étudie la décharge ainsi que la charge de la batterie.

Le premier quart de l'épreuve est constitué de questions classiques du programme de chimie de la filière MP. La suite est beaucoup plus ambitieuse et a dérouté nombre de candidats. Le jury en était conscient et en a tenu compte dans la répartition des points du barème et dans la valorisation de tout raisonnement plausible, cohérent et argumenté, même si le candidat n'aboutissait pas totalement.

La durée de l'épreuve (1h30) est très courte, mais la longueur de l'énoncé était bien adaptée. Les meilleures copies ont abordé toutes les questions.

##### Remarques particulières

Question 1. La configuration est donnée correctement et l'anion sulfure également. Le jury attend cependant une justification pour sa stabilité.

Question 2. L'expression de la masse volumique est souvent donnée correctement et l'application numérique souvent conduite jusqu'à son terme. On trouve cependant régulièrement des résultats très aberrants.

Question 3. Il manque souvent la précipitation dans l'équation de réaction proposée par les candidats alors que l'énoncé précise explicitement que les ions lithium précipitent avec les ions sulfure. Le calcul de la tension standard n'est soit pas fait, soit complètement faux. Très peu de candidats citent la relation entre la tension standard et l'enthalpie libre standard de réaction.

Question 4. Question très peu traitée alors qu'il suffisait de relier la quantité d'électrons circulant à la quantité de soufre réagissant.

Question 5. Question très peu traitée et très rarement juste. Il n'y a souvent que le départ avec la relation entre volume molaire, masse volumique et masse molaire. On voit souvent des relations non homogènes.

Question 6. Question très peu traitée alors qu'il suffit de lire l'abscisse de la courbe de décharge. En revanche, lorsque traitée, la réponse donnée est souvent juste.

Question 7. L'anion  $S_4^{2-}$  est souvent obtenu, mais parfois par des méthodes surprenantes. L'écriture des réactions sur les plateaux a posé plus de problèmes.

Question 8. Le jury attend précision et concision. Les réponses données montrent qu'un très grand nombre de candidats n'a qu'une connaissance très superficielle des dosages par spectrophotométrie.

Question 9. Il devrait être acquis qu'une structure de Lewis nécessite de placer correctement les doublets non liants ainsi que les charges formelles... Le jury s'étonne de voir qu'un nombre important de candidat ne connaît pas la signification du terme « linéaire » pour une structure de Lewis.

Question 10. Le jury attend une justification chimique, même simple en évoquant la formation et la consommation de l'espèce suivie. Le verbiage n'est jamais valorisé.

Question 11. De très nombreuses erreurs. Les candidats doivent faire plus attention au sens de circulation des électrons, ne pas les placer dans l'électrolyte, respecter les significations des termes « anode » et « cathode », placer un générateur pour réaliser la charge, etc.

Question 12. Très peu traitée. L'analyse dimensionnelle est très mal faite.

Question 13. La résolution de l'équation différentielle est généralement correcte, mais très peu de candidats se rendent compte que dans le cas  $f < 1$ , la limite mathématique ne peut pas être atteinte physiquement.

Question 14. Le caractère non complet de la charge est souvent évoqué.

Question 15. Les candidats n'ont en général pas compris ce qu'il fallait faire. Il faut reconnaître que le schéma de l'énoncé (avec deux distances indiquées qui ne sont pas celles données par la suite) et la relation fournie entre  $h$  et  $c$  n'étaient pas des informations simples à exploiter.

Question 16. Très peu traitée.

Question 17. Beaucoup de confusion entre affine et linéaire. La loi d'Arrhenius est peu utilisée correctement.

Question 18. Exploitation des courbes très mal faite. Il suffisait de déterminer le coefficient directeur de la droite la plus haute dans le graphique. Lorsque le calcul est mené, le facteur mille présent pour l'abscisse n'est que très rarement bien pris en compte.

Question 19. Quasiment jamais traitée, c'était difficile. Toute argumentation a été valorisée.

Question 20. Quasiment jamais traitée. On devait se limiter à la contribution enthalpique (la réaction est très exothermique), n'ayant pas de données sur les entropies molaires. Toute argumentation a été valorisée.

### 3.3. Filière PC

#### Remarques générales

Le sujet de l'épreuve de chimie de la filière PC, comportait 51 questions réparties sur deux parties indépendantes :

- La première partie (22 questions) était consacrée à l'étude d'une synthèse énantiosélective du Trifariénol B. Plusieurs thèmes étudiés en classes de PCSI et PC étaient ici abordés, tels que la stéréochimie des molécules organiques, la réactivité des composés carbonylés, l'étude de la réactivité avec l'approximation des orbitales frontalières ainsi que la spectroscopie de RMN  $^1\text{H}$ . Certaines questions (par exemple les questions 5, 6, 7, 11, 13, 21 et 22) nécessitaient l'exploitation de documents fournis tout au long du sujet.
- La deuxième partie (29 questions) concernait l'étude de la caféine et de ses applications. Les candidats pouvaient y aborder, entre autres, la description d'entités chimiques moléculaires (méthode VSEPR, modèle de la mésomérie), les réactions acido-basiques, l'aspect thermodynamique de transformations physico-chimiques ainsi que la spectrophotométrie UV-visible. Dans la dernière sous-partie « extraction de la caféine du thé vert » (questions 48 à 51), il fallait exploiter un dossier documentaire fourni dans l'annexe en fin de sujet.

Comme chaque année, bien des candidats ont fait preuve d'un esprit d'analyse remarquable et ont montré une bonne capacité à construire et exposer leurs raisonnements : ceci confirme leur bonne préparation pour cette épreuve. Que ces brillantes candidates et brillants candidats soient ici félicités.

#### Conseils aux futurs candidats

De manière générale, nous rappelons que lorsqu'il est clairement demandé une justification dans une question, toute réponse sans justification ne rapporte aucun point. De plus, les candidats ne doivent pas hésiter à aborder des questions *a priori* plus longues, car de nombreux points sont alors attribués aux étapes intermédiaires de ces questions.

Dans les réponses aux questions, un vocabulaire scientifique approprié et précis est attendu. Ainsi, des formulations telles que « par définition » suivies d'une équation exprimant le 1<sup>er</sup> ou le 2<sup>nd</sup> principe de la thermodynamique ; ou bien : pour être en proportion stœchiométriques,  $\text{LiAlH}_4$  doit être « en excès », ou « en quantité catalytique » (cf. Q4) sont imprécises, voire inexactes, donc malvenues.

On rappelle également que lorsqu'il est demandé de dessiner une formule de Lewis (ou des formules mésomères), *tous* les doublets électroniques non liants, *toutes* les lacunes

électroniques et *toutes* les charges formelles doivent être précisés sur *tous* les atomes, le cas échéant.

En revanche, pour alléger l'écriture d'un mécanisme réactionnel, les candidats peuvent limiter l'écriture des doublets non liants, des lacunes électroniques et des charges formelles à la « partie réactive » de la molécule. Celle-ci englobe *tous* les atomes concernés par une réorganisation de la densité électronique de valence *dans au moins une étape du mécanisme*.

Les correcteurs réitèrent leur conseil d'écrire le plus clairement possible (flèches de déplacement électronique, doublets électroniques et électrons célibataires) les mécanismes réactionnels et déconseillent fortement de les écrire au crayon à papier ou au critérium.

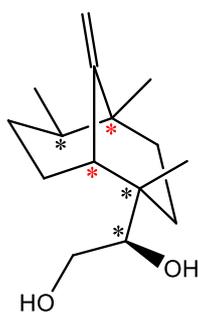
Enfin, pour la présentation des copies qui est toujours globalement correcte, nous rappelons que la numérotation des questions selon l'ordre indiqué sur le sujet doit être systématique. Pour des raisons de facilité de correction, il est grandement souhaitable que les candidats composent à l'encre noire ou bleue foncée.

### Remarques particulières

#### *Synthèse énantiosélective du Trifariénol B*

Question 2. La molécule de Trifariénol B possède cinq stéréocentres (repérés par une étoile dans la figure 1 ci-après) dont trois ont une configuration indépendante (repérés par une étoile noire) et deux « en tête de pont » (repérés par une étoile rouge) ont leur configuration liée par la nature bicyclique de la molécule. Il y a ainsi  $2^3 \times 2 = 16$  stéréoisomères de configuration en tout soit 15 stéréo-isomères pour le Trifariénol B.<sup>1</sup> Cette interdépendance des configurations des atomes de carbone stéréogènes « en tête de pont » n'a été remarquée que par environ 25 % des candidats.

Question 5. Le double rôle de la pyridine dans ce mécanisme est celui de pseudo-catalyseur nucléophile<sup>2</sup> (qui permet la formation d'un cation acylpyridinium plus électrophile que le chlorure d'acyle de départ) et celui de base de BRØNSTED-LOWRY.



**Figure 1**

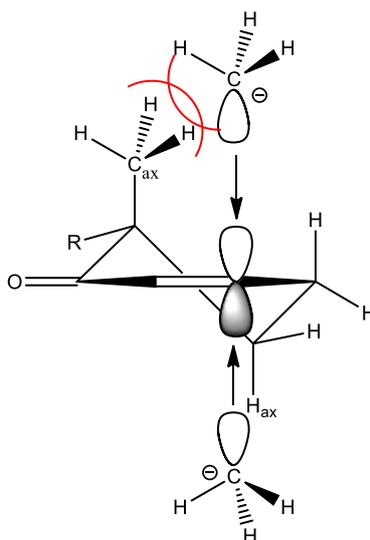
Question 6. Il était précisé dans cette question que « la démarche permettant d'expliquer la régiosélectivité de la réaction devra être justifiée à l'aide des données du document B » : les énergies des OM frontalières étant données dans le sujet, elles devaient être utilisées pour déterminer l'écart d'énergie HO(*i*)-BV(*j*) minimal comme le montre l'exemple ci-dessous :

<sup>1</sup> Les deux réponses ont été acceptées

<sup>2</sup> La réponse « catalyseur nucléophile » a bien sûr été acceptée.

$E_{HO}(CH_3^-) - E_{BV}(B) = 0,58 + 0,068 = 0,648 \text{ eV} < E_{BV}(CH_3^-) - E_{HO}(B) = 13,48 + 10,40 = 23,88 \text{ eV}^3$   
 L'interaction principale est donc celle entre HO(CH<sub>3</sub><sup>-</sup>) et BV(B). Le théorème de FUKUI permet d'expliquer la régiosélectivité observée, mais pas la stéréosélectivité comme beaucoup de candidats l'ont affirmé. Ce point était l'objet de la question 7.

Question 7. On suppose que l'on peut raisonner uniquement sur la conformation I, nettement majoritaire du composé 5, pour déterminer l'approche préférentielle de l'anion méthylure CH<sub>3</sub><sup>-</sup> (dans le modèle très simplifié de cette réaction, modèle proposé dans les documents B et C). Pour avoir un recouvrement optimal entre la HO de l'anion méthylure et la BV de 5, CH<sub>3</sub><sup>-</sup> s'approche de 5 en conformation I selon une direction perpendiculaire au plan contenant les deux doubles liaisons C=O et C=C (cf. figure 2 ci-dessous).



**Figure 2**

Si cette attaque a lieu par le dessus, on a une répulsion stérique assez forte entre l'anion méthylure et le groupe méthyle en position axiale, ce qui déstabilise l'état de transition correspondant. Si cette attaque a lieu par le dessous, la répulsion stérique, ayant lieu avec un -H axial, est moins forte que la précédente : ainsi l'attaque par le dessous du plan moyen du cycle est favorisée. Beaucoup de candidats ont tenté de justifier l'approche privilégiée de l'anion méthylure vers le composé 5 par le dessous par l'argument (faux) d'un recouvrement de lobes de même signe entre la HO de CH<sub>3</sub><sup>-</sup> et la BV de 5. Cette justification est fautive, car le signe d'une orbitale moléculaire n'a pas de sens physique, c'est le recouvrement en phase ou en opposition de phase de deux OM qui a un sens physique.

Question 8. Cette question n'a pas eu beaucoup de succès, car les candidats ont été déroutés par les indications « étape 1 » et « étape 2 ». Il fallait en fait s'inspirer des réactions permettant de passer des composés 1 à 2 puis 4 à 5 pour proposer la formule du composé 7 (cf. figure 3) :

<sup>3</sup> Comme pour une énergie, une différence d'énergies doit être donnée avec une unité

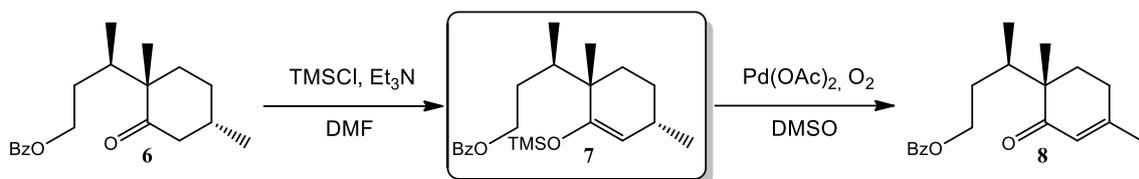


Figure 3

Question 12. Dans le mécanisme de la saponification, il faut clairement indiquer que la dernière étape de ce mécanisme (réaction acido-basique entre un acide carboxylique et un anion alcoolate <sup>4</sup>) rend la transformation thermodynamiquement très favorisée : la saponification est ainsi le plus souvent quasi-totale. Un mécanisme erroné de type S<sub>N</sub>2 a été proposé dans presque 30 % des copies !

Question 13. Il était attendu ici un mécanisme clairement écrit comme le montre l'exemple de la figure 4 ci-dessous.

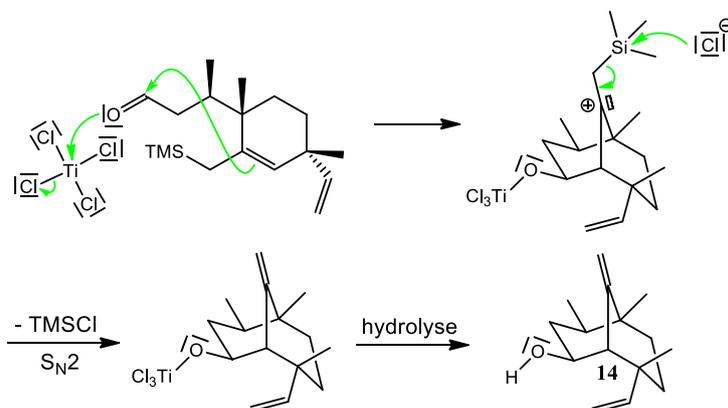


Figure 4

Question 15. On pouvait, par exemple, <sup>5</sup> proposer un cycle catalytique simplifié tel que celui représenté dans la figure 5 ci-dessous :

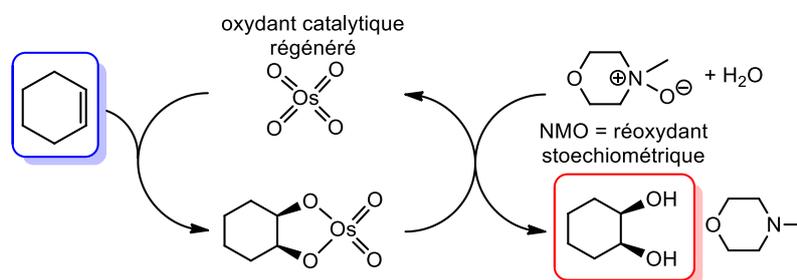


Figure 5

<sup>4</sup> Ou un ion hydroxyde en cas d'assistance par une liaison hydrogène d'une molécule d'eau : dans ce cas, il y a formation d'un alcool comme groupe partant

<sup>5</sup> Il était possible d'écrire d'autres mécanismes, qui ont été acceptés lorsqu'ils étaient cohérents et ajustés

Dans l'énoncé, il était demandé de proposer un cycle catalytique pour la cis-dihydroxylation **du cyclohexène** et non du composé **15** comme l'ont fait plus de la moitié des candidats. Ensuite, il fallait clairement faire apparaître sur la formule de l'ester cyclique (osmate) qu'il est formé par **syn-addition**. Enfin, la structure de la *N*-méthylmorpholine était attendue ainsi que la molécule d'eau qui permet d'ajuster le cycle en oxygène et en hydrogène.

Question 17. L'indication de l'énoncé « on négligera le couplage  $^4J_{ac}$  » était inappropriée, car ce couplage apparaissait clairement dans les données. Le signal à 3,67 ppm étant un singulet, il ne pouvait s'agir que des trois protons  $H_d$  (seuls protons de **20** non couplés à des protons voisins), ce qui permettait d'en déduire qu'un proton correspondait à une intégration d'environ 333.

$\delta$ / ppm	Multiplicité	Intégration		Attribution	H voisins	Cte de couplage
1 866 – 1 894	dd	1056	3H	$3H_a$	$H_b$ et $H_c$	$^3J_{ab} = 6,86$ Hz $^4J_{ac} = 1,65$ Hz
3,67	s	1000	3H	$3H_d$	0	
5,725 – 5,794	m	368	1H	$H_b$ ou $H_c$	$3H_a$ et $H_b$	$^3J_{bc}, ^4J_{ac} = 1,7$ Hz
6 841 – 6 991	m	342	1H	$H_b$ ou $H_c$	$3H_a$ et $H_c$	$^3J_{bc}, ^3J_{ab} = 6,8$ Hz

Pour attribuer les deux multiplets les plus déblindés à  $H_b$  ou  $H_c$ , on pouvait remarquer que ces deux signaux sont des doublets de quadruplets puis calculer l'écart entre deux raies consécutives au sein d'un même quadruplet :  $1738,1 - 1736,4 = 1,7$  Hz =  $^4J_{ac}$  et  $2088,2 - 2081,4 = 6,8$  Hz =  $^3J_{ab}$ . Enfin, le signal de  $H_c$  étant un doublet de quadruplets bien séparés (pas de chevauchement entre ces deux quadruplets), on pouvait évaluer  $^3J_{bc} = 1738,1 - 1722,6 = 15,5$  Hz, d'où une configuration *trans* d'après le document *F*.

Question 18. Dans le mécanisme de la réaction de tautomérie imine-énamine, on devait écrire les deux formules mésomères de la base conjuguée de l'imine **19** (une de type carbanion et l'autre de type énamidure). L'énamine majoritaire **19'** possède une double liaison C=C plus substituée que l'énamine minoritaire **19''** (cf. figure 6 ci-dessous).



Figure 6

Question 19. De nombreux mécanismes farfelus ont été donnés dans cette question. Les indications du document G permettaient de proposer le mécanisme décrit dans la figure 7 ci-dessous dans lequel l'énamine **19'** est le nucléophile et l'ester conjugué **20** est l'électrophile.

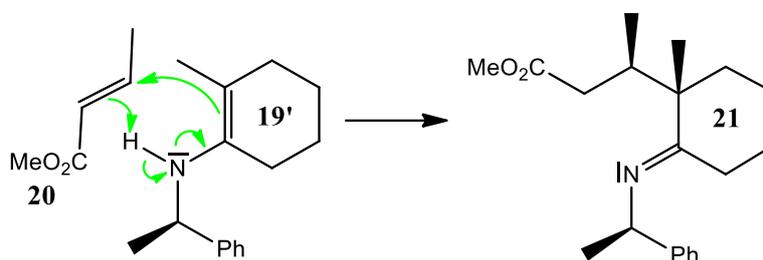


Figure 7

Question 20. Les régioisomères de **21** sont obtenus par attaque de l'énamine minoritaire **19''** sur l'ester conjugué **20** (cf. figure 8 ci-dessous) :

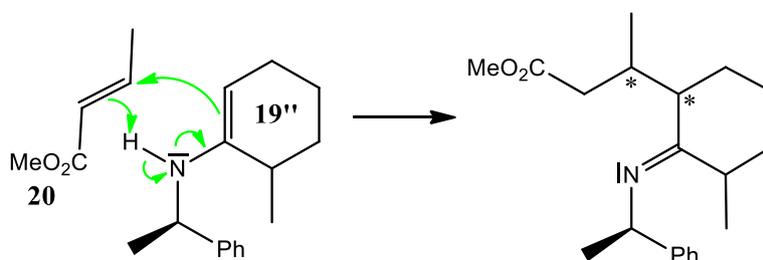


Figure 8

Le produit obtenu possédant deux centres stéréogènes de plus (repérés par une étoile dans la figure 8 précédente) que **19''**, le produit final est un mélange de plusieurs stéréo-isomères.

Question 21. Pour répondre à cette question particulièrement difficile, il fallait partir de la représentation schématique simplifiée de l'énamine **19'** dans sa conformation la plus stable donnée dans l'énoncé, juste avant la Q21 (cf. figure 9 ci-dessous). Le phényle de l'auxiliaire chiral étant plus volumineux que le méthyle, l'approche favorisée du crotonate de méthyle **20** se fait par le demi-espace **au-dessus** du plan de l'énamine. Ensuite, comme expliqué dans le document H, on a une interaction attractive entre l'atome d'azote et l'atome de carbone du groupe carbonyle (prépondérante par rapport aux interactions stériques) et on oriente l'approche de la molécule de crotonate de méthyle **20** de telle sorte que cela conduise à la formation d'un état de transition de type chaise (en rouge dans la figure 10).

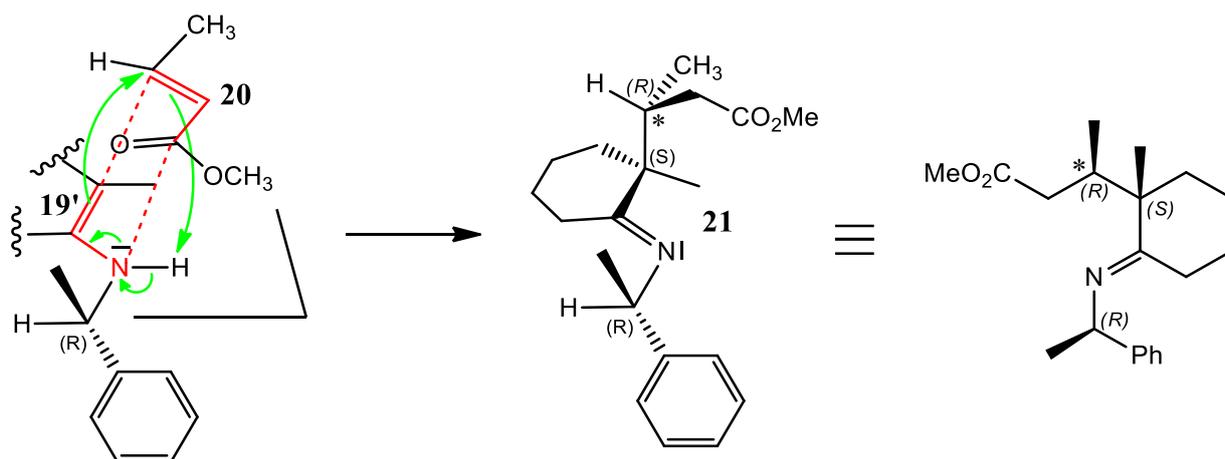


Figure 9

La formation des liaisons C-C et C-H étant synchrones (d'après le document H), on en déduit la configuration de l'atome de carbone asymétrique du composé **21** repéré par une étoile dans la figure 9 ci-dessus.

Question 22. L'énoncé précisait que dans le mélange final l'énantiomère de **1** n'est pas détecté : ceci indique que l'approche du crotonate de méthyle **20** par le demi-espace au-dessous du plan de l'énamine est très défavorisée. On envisage donc l'approche du crotonate de méthyle **20** par le dessus qui conduit alors à l'état de transition de type bateau (cf. figure 10 ci-dessous). Cela permet d'expliquer la présence d'une faible proportion du diastéréo-isomère de **1** (2 %) dans le mélange final, puisque la structure bateau pour l'état de transition est aussi défavorisée :

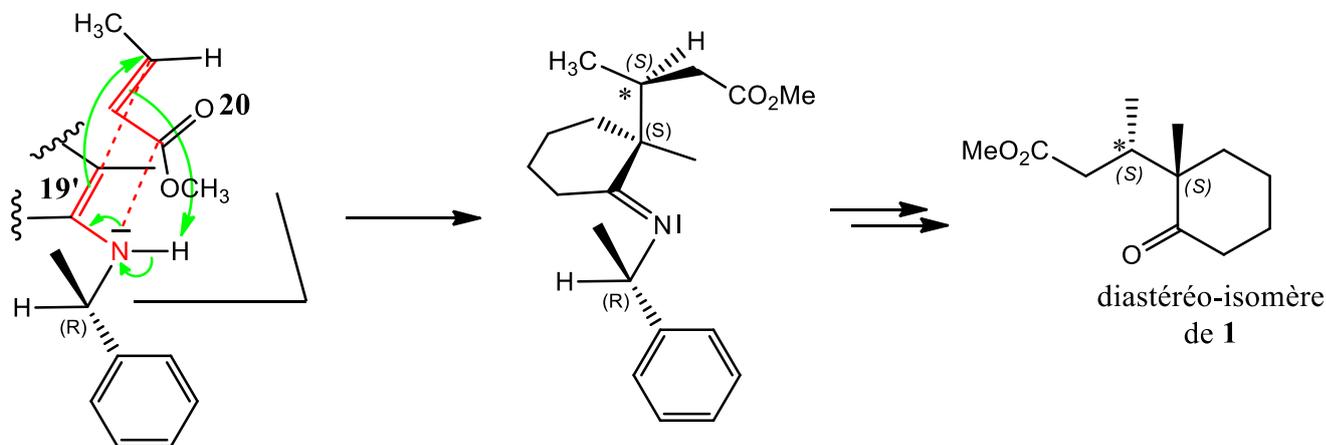


Figure 10

### La caféine – La famille des xanthines

Question 24. Les cinq formules mésomères décrivant la molécule d'imidazole sont données dans la figure 11 ci-dessous. Plus de 75 % des candidats ne savent pas dessiner une formule de LEWIS (ce qui les conduit à écrire des formules qui n'ont aucun sens) et plus de 95 % ne savent pas déterminer le nombre d'électrons délocalisés ! Il y a ici six électrons délocalisés. On rappelle enfin que l'atome d'azote ne peut pas être hypervalent.

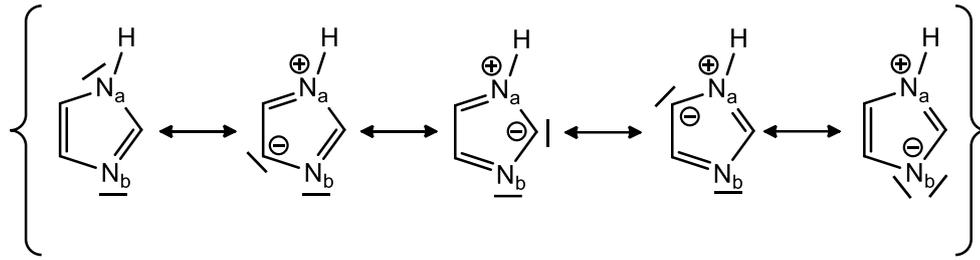


Figure 11

Question 26. On rappelle qu'un diagramme de prédominance pour des couples acido-basiques est un axe (en général horizontal) dont l'abscisse est le pH et non le  $pK_a$ , comme il a été répondu dans plus de 50 % des copies.

Question 27. Dans cette question, les effets mésomères l'emportent sur les effets inductifs : ainsi, il était nécessaire de s'intéresser principalement aux premiers.

Question 28. Raisonner sans représenter les formules des molécules ne peut conduire à une démarche rigoureuse.

Question 29. Plus de 40 % des candidats confondent « état standard » et « état standard de référence ».

#### Formes polymorphes de la caféine

Question 30. Pour répondre à cette question, il fallait utiliser le premier principe de la thermodynamique :

$$dU = \delta W_p + \underbrace{\delta W'}_{=0} + \delta Q = -P_{\text{ext}} dV + \delta Q \quad \text{ainsi que le deuxième principe de la}$$

thermodynamique :  $dS = \delta S_e + \delta S_c = \frac{\delta Q}{T_{\text{ext}}} + \delta S_c$ .<sup>6</sup> Comme précisé dans l'énoncé, le système étudié est en équilibre thermique et mécanique avec l'extérieur, on pouvait donc écrire  $P_{\text{ext}} = P$  et  $T_{\text{ext}} = T$ . La principale erreur commise dans cette question a été d'écrire directement  $dU = -PdV + \delta Q$  et  $dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_c$  sans justification.

Question 31. Cette question n'a pas eu beaucoup de succès. La condition d'évolution spontanée<sup>7</sup> (donc irréversible) du système est  $\delta S_c > 0 \Rightarrow \mu_S dn_S + \mu_G dn_G = (\mu_S - \mu_G) dn_S < 0$  d'après la question 30. Si la phase solide est la plus stable alors :

$$dn_S > 0 \Rightarrow \mu_S < \mu_G \Rightarrow \mu_S^\circ(T) < \mu_G^\circ(T) + RT \ln(P/P^\circ) \Rightarrow P > P_{\text{sat}} = P^\circ \cdot e^{\left(\frac{\mu_S^\circ(T) - \mu_G^\circ(T)}{RT}\right)}$$

Question 32. Une erreur très fréquente a été d'exprimer « on néglige  $v_s$  devant  $v_g$  » par «  $v_s = 0$  »

Question 33. Il n'était pas nécessaire d'utiliser  $v_g = \frac{\partial \mu_g}{\partial P}$  pour montrer que  $v_g = \frac{RT}{P}$  !

Question 34. Si la phase solide I (resp. II) est en équilibre avec la phase vapeur à la température  $T$ , alors  $\mu_{S,I}^\circ(T) = \mu_G^\circ(T) + RT \ln \frac{P_I(T)}{P^\circ}$  (resp.  $\mu_{S,II}^\circ(T) = \mu_G^\circ(T) +$

<sup>6</sup> Le terme de création d'entropie  $\delta S_c$  était noté  $\delta_i S$  dans l'énoncé.

<sup>7</sup> Le second principe appliqué à la chimie donne **comme première expression** de la condition d'évolution **spontanée** d'un système :  $\delta S_c > 0$

$RT \ln \frac{P_{II}(T)}{P^{\circ}}$ ). Donc  $\mu^{\circ}_{S,II}(T) - \mu^{\circ}_{S,I}(T) = RT \ln \frac{P_{II}(T)}{P_I(T)}$ . Si  $P_{II}(T) < P_I(T)$  alors  $\mu^{\circ}_{S,II}(T) < \mu^{\circ}_{S,I}(T)$  et inversement, donc la phase la plus stable est celle qui possède la pression de sublimation la plus faible.

Question 35. À la température de transition  $T_{\text{trs}}$ , on a  $\mu^{\circ}_{S,II}(T_{\text{trs}}) = \mu^{\circ}_{S,I}(T_{\text{trs}}) \Rightarrow P_{II}(T_{\text{trs}}) = P_I(T_{\text{trs}})$  d'après la Q34. Donc, d'après la relation de la Q33, il vient  $T_{\text{trs}} = \frac{A_{II} - A_I}{B_{II} - B_I}$ .

Question 36. Cette question impliquait des calculs assez simples à faire sans calculatrice :

$$A_I = \frac{\Delta_{\text{sub}}H(I)}{R} \Rightarrow \Delta_{\text{sub}}H(I) = R \times A_I = 8,3 \times 1,3 \cdot 10^4 = 108 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$A_{II} = \frac{\Delta_{\text{sub}}H(II)}{R} \Rightarrow \Delta_{\text{sub}}H(II) = R \times A_{II} = 8,3 \times 1,4 \cdot 10^4 = 116 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$T_{\text{trs}} = \frac{A_{II} - A_I}{B_{II} - B_I} = \frac{14000 - 13000}{35,8 - 33,1} = \frac{1000}{2,7} \approx \frac{999}{2,7} = \frac{333}{0,9} = 370 \text{ K}$$

Question 37. Après avoir montré que  $\Delta_{\text{trs}}H(II \rightarrow I) = \Delta_{\text{sub}}H(II) - \Delta_{\text{sub}}H(I)$ , il venait  $\Delta_{\text{trs}}H(II \rightarrow I) = 8 \text{ kJ mol}^{-1}$  ce qui est supérieur à la valeur tabulée ( $3,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ ). On pouvait par exemple expliquer cet écart par le fait que les grandeurs  $\Delta_{\text{sub}}H(II)$  et  $\Delta_{\text{sub}}H(I)$  ne sont pas indépendantes de la température (contrairement à l'hypothèse faite à la question 33).

Question 38. De manière surprenante, cette question a donné lieu à beaucoup d'erreurs. La forme I de la caféine solide est un solide **moléculaire** dont la cohésion est due aux forces de VAN DER WAALS.<sup>8</sup> La molécule de caféine est polaire, mais les liaisons hydrogène entre molécules de caféine sont impossibles, car la molécule de caféine ne possède pas d'atomes d'hydrogène susceptibles de participer à des liaisons hydrogène.

#### *Complexation de la caféine à un indicateur coloré*

Question 40. L'absorption d'un photon UV-visible par la molécule de caféine entraîne une transition **électronique** impliquant un électron de valence.

Question 41. Énormément d'erreurs ont été relevées pour cette question.<sup>9</sup> La définition de l'absorbance est  $A(\lambda) = \log \frac{I_0(\lambda)}{I_t(\lambda)}$  où  $I_0(\lambda)$  et  $I_t(\lambda)$  sont respectivement le flux énergétique reçu et transmis par l'échantillon étudié.<sup>10</sup> Pour que la loi de BEER-LAMBERT soit valide, il faut que le faisceau incident soit collimaté, que l'échantillon étudié soit homogène et isotrope, que les solutions soient « suffisamment diluées », etc.

Question 43. La complexation déplace légèrement le maximum de la bande d'absorption de l'indicateur coloré (effet bathochrome). Ce déplacement est relativement petit ce qui semble témoigner d'une interaction plutôt faible entre le bleu de méthylène et la caféine. Il y a eu de nombreuses confusions entre énergie de liaison et énergie des transitions électroniques.

Question 44. La longueur d'onde  $\lambda_t$  doit se situer dans la zone où le bleu de méthylène absorbe peu et/ou l'influence de la complexation est la plus grande. D'après les spectres d'absorption, on peut choisir  $\lambda_t \approx 675 \text{ nm}$  (les auteurs de cette étude ont choisi 690 nm).

<sup>8</sup> et non WALLS ou VALLS...

<sup>9</sup> comme celle consistant à donner une définition qualitative de l'absorbance telle que « l'absorbance est la capacité de la solution à absorber la lumière »

<sup>10</sup> la notation « log » est une notation usuelle pour le logarithme en base dix ( $\log_{10}$ ). La norme ISO 80000-2 indique que  $\log_{10}$  devrait être noté lg, mais cette notation est rarement utilisée

Question 47. On pouvait déduire de la relation à démontrer à la question 46 que  $K = 1,45/(8,59 \cdot 10^{-3}) = 1450/8,59 \approx 1400/8 \approx 175$ . La valeur de  $K$  confirme l'hypothèse faite à la Q43 d'une interaction faible entre la caféine et le bleu de méthylène.

#### *Extraction de la caféine du thé vert*

Les réponses aux questions 48 à 51 ont été très souvent de la paraphrase. « D'après le document » n'est pas une justification suffisante : il est essentiel d'extraire et de citer précisément les informations indispensables au raisonnement. Voici des éléments de réponses possibles pour les questions relatives à ce dossier documentaire.

Question 48. Parmi les justifications du choix CO<sub>2</sub> supercritique comme solvant, on pouvait citer :

- des paramètres critiques accessibles ( $T_c = 31$  °C et  $P_c = 73,8$  bar)
- solvant peu coûteux, non toxique, abondant, ininflammable, chimiquement inerte
- un pouvoir de solvatation adaptable en fonction de  $T$  et  $P$  : solvant à « géométrie variable »
- une diffusivité élevée et une viscosité faible ce qui favorise la pénétration dans les matrices solides
- une élimination possible par simple dépressurisation, et pas de traces résiduelles de solvant
- la minimisation de l'utilisation (ajout d'un co-solvant à CO<sub>2</sub> supercritique) voire l'élimination (CO<sub>2</sub> supercritique seul) de solvants chimiques

Question 49. Pour trouver les conditions expérimentales optimales pour l'extraction sélective de la caféine du thé vert, on peut utiliser le critère de solubilité de HILDEBRAND (on note CO<sub>2</sub>-SC le CO<sub>2</sub> supercritique) :

- d'après la figure 2 du document 3,  $\delta(\text{CO}_2\text{-SC} + 7\% \text{ eau})$  augmente fortement lorsque la pression augmente. Ainsi  $\delta(\text{CO}_2\text{-SC} + 7\% \text{ eau})$  est le plus proche de  $\delta(\text{caféine})$  et  $\delta(\text{EGCG})$  pour  $P = 400$  bar et pour  $T$  pas trop élevée (par exemple 40 °C) d'après la figure 3 du document 3
- d'après les figures 2 et 3 du document 3, la différence  $\delta(\text{caféine}) - \delta(\text{CO}_2\text{-SC} + 7\% \text{ eau})$  est bien inférieure à la différence  $\delta(\text{EGCG}) - \delta(\text{CO}_2\text{-SC} + 7\% \text{ eau})$  d'où la possibilité d'une extraction sélective de la caféine
- D'après le document 4, la caféine est d'autant plus soluble que EGCG dans CO<sub>2</sub>-SC que la température est basse ( $T_{\text{optimale}} = 40$  °C d'après la figure 4) que la teneur en eau augmente (teneur optimale = 7 % d'après la figure 5) et que la pression augmente ( $P_{\text{optimale}} = 400$  bar d'après la figure 6)

D'où les conditions expérimentales optimales suivantes :  $P = 400$  bar ;  $T = 40$  °C ; teneur en eau 7 %

Question 50. L'EGCG et la caféine sont des molécules polaires d'après le document n°1 : l'ajout d'une petite quantité d'eau (polaire) au CO<sub>2</sub>-SC (apolaire) augmentera la polarité du solvant, sa densité et sa capacité à créer des liaisons hydrogène (interaction attractive) tels que l'EGCG et la caféine.

Question 51. D'après le tableau du document 1, la teneur en caféine est de 32,9 mg.g<sup>-1</sup> de thé et la teneur en EGCG est de 122,8 mg.g<sup>-1</sup> de thé. En se plaçant dans les conditions expérimentales optimales (cf. Q49), la figure n°4 du document 3 (p.28 du sujet) montre que :

- le rendement d'extraction de la caféine est d'environ 52 % soit une masse de caféine extraite de  $0,52 \times 32,9 \approx 0,5 \times 33 = 16,5$  mg par gramme de thé vert ;
- le rendement d'extraction de la ECGC est de 21 % soit une masse d'ECGC extraite de  $0,21 \times 122,8 \approx 0,2 \times 125 = 25$  mg par gramme de thé vert

### 3.4. Filière PSI

#### Remarques générales

Le sujet abordait la thématique des batteries lithium-soufre.

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

- Une justification à la réponse est systématiquement attendue.
- Un résultat sans unité est évidemment compté faux.
- Il serait judicieux pour les candidats de s'entraîner tout au long de leurs années d'étude à réaliser à la main des calculs rapidement, en travaillant avec les puissances de 10 et les ordres de grandeur.

Le sujet a été appréhendé de manière très inégale. Même si le sujet était peu conventionnel de nombreuses questions classiques n'ont pas été abordées correctement par les candidats ce qui dénote un manque de travail en chimie en filière PSI.

#### Remarques particulières

Question 1. il est conseillé aux candidats de bien lire l'énoncé, les règles pour établir la classification ne sont pas demandées, perte de temps pour les candidats qui les citent.

Question 2. Il est étonnant de constater que certains candidats ne maîtrisent pas la définition classique de la masse volumique. Une expression littérale est attendue et les candidats sont encouragés à poser leur application numérique sur leur copie (même s'ils ne vont pas au bout de leur calcul).

Question 3. Les candidats se sont bien trop souvent contentés de donner l'équation de réaction. Il est à noter qu'une demi-équation d'oxydoréduction doit être écrite dans le bon sens correspondant à la décharge de la batterie, que l'ajustement des charges n'est pas une option lors de l'écriture des demi-équations. Il est également étonnant de constater que certains candidats ne maîtrisent pas certaines relations de thermodynamique (lien entre G, H et S, ou lien entre l'enthalpie libre de réaction et force électromotrice d'une pile). Lorsqu'un commentaire est attendu, une simple comparaison « supérieure à » ou « inférieure à » n'est évidemment pas suffisante.

Question 4. la relation de Faraday n'est pas correctement maîtrisée et le jury a rencontré beaucoup d'erreurs d'unités entre As/g et Ah/g.

Question 5. Peu de candidats ont réussi à définir correctement le volume initial et le volume final après la décharge, le jury a constaté de nombreuses erreurs sur la stœchiométrie, sur le lien entre la masse volumique, la masse et le volume. De plus, la notion de proportions stœchiométriques n'est pas toujours bien interprétée.

Question 6. Cette question nécessitait de bien analyser le graphique précédemment.

Question 7. De nombreuses demi-équations redox sont mal ajustées. La valeur de  $p$  est bien trop souvent donnée sans aucune justification.

Question 8. Il est surprenant de constater que seule une poignée de candidats ont été capables de proposer un protocole de dosage par spectrophotométrie alors que cette technique expérimentale a été étudiée en terminale et en première année de CPGE (la notion de protocole n'est pas maîtrisée) ! De nombreux candidats citent une technique expérimentale sans expliquer sa mise en œuvre. La relation de Beer-Lambert (et non d'Alembert), essentielle pourtant ici, n'est pas toujours citée (ou au moins le lien de proportionnalité entre l'absorbance  $A$  et la concentration  $C$  d'une espèce). À toutes fins utiles le jury rappelle que pour effectuer un tel dosage, il faut choisir la longueur d'onde de travail à partir du spectre d'absorption du composé d'intérêt, faire le blanc, tracer une courbe d'étalonnage puis mesurer l'absorbance de la solution à doser.

Question 9. Cette question a résulté en un festival de formules fausses : la règle de l'octet et la détermination des charges formelles est une gageure pour une grosse majorité des candidats, de plus une structure linéaire était attendue.

Question 11. C'est aussi un festival d'erreurs, car les élèves ne maîtrisent pas les rudiments de physique : la détermination du sens de circulation des électrons lorsque les bornes du générateur sont fixées n'est quasiment jamais correcte, d'un point de vue chimique, la nécessité d'ajouter un générateur pour réaliser une électrolyse semble ignorée par les candidats.

Question 12. Rares sont les candidats qui ont analysé un changement d'unité pour la capacité spécifique par atome de soufre.

Question 13. Il est surprenant de constater que la résolution d'une équation différentielle du premier ordre avec un second membre constant, compétence éloignée de la chimie, n'est pas maîtrisée par les candidats.

Question 15. Cette question nécessitait une bonne maîtrise de la trigonométrie et de la géométrie, notamment savoir que le centre de gravité d'un tétraèdre est aux  $3/4$  de la hauteur.

Question 17. La loi d'Arrhénius n'est que trop rarement connue avec précision et l'analyse du graphe fourni est souvent erronée : si le candidat ne comprend pas bien quelle est la grandeur portée sur un axe, il peut utiliser les unités comme une information précieuse.

Question 18. Il est dommage de constater que l'outil mathématique, tel que la détermination de la pente d'une droite, n'est pas maîtrisé correctement par les candidats.

## Conclusion

Même si le sujet présentait quelques difficultés, le barème tenait largement compte du temps passé sur certaines questions pour aboutir au résultat.

Le jury attend pour la prochaine session que les candidats prendront en compte les remarques faites dans ce rapport. Certains candidats ont su cependant sortir du lot par des connaissances solides de cours, nous tenons à les féliciter bravo !



## 4. INFORMATIQUE

### 4.1. Informatique pour tous

Le sujet d'informatique commune portait cette année sur des techniques algorithmiques autour du thème des nombres premiers.

L'épreuve abordait un large spectre des notions vues durant les deux années de préparation des candidats.

#### Remarques générales

- La présentation générale de la très grande majorité des copies est satisfaisante.
- Le jury a été surpris de relever beaucoup d'erreurs de calcul parfaitement incongrues à ce niveau de formation. La simplification d'une somme géométrique comme  $\sum_{i=0}^{N-1} 2^i$  pose des problèmes importants à plus d'un tiers des candidats. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une épreuve de mathématique, on est en droit d'attendre des candidats une aisance calculatoire minimale.
- On a remarqué cette année dans beaucoup de copies un mélange entre des notations propres aux mathématiques (parties entières, racines...) et le code Python. Cela est généralement sanctionné : un algorithme en python n'est pas du pseudo-code, il faut utiliser les opérateurs du langage.
- Nous souhaitons insister sur le fait que la syntaxe `L=L+[a]` est beaucoup moins efficace pour ajouter un élément à la fin d'une liste que `L.append(a)`. Il serait souhaitable que les étudiants privilégient systématiquement cette deuxième solution au cours de leur formation.
- La gestion efficace des booléens n'est pas encore très assurée : on a par exemple croisé beaucoup plus de `if L[i]!=False` que de `if L[i]` ... pourtant équivalents si `L[i]` est un booléen.
- Une remarque récurrente année après année : certains candidats semblent n'avoir aucune notion de la complexité algorithmique quand ils écrivent leurs programmes. Faire appel à une fonction de complexité significative comme `Pi` ou `erato_iter` au cœur d'une double boucle devrait pourtant leur poser un problème... surtout quand il existe une solution beaucoup plus simple et facilement accessible.
- Dans certaines copies, on peut parfois lire plusieurs solutions pour une question. Cette démarche pourrait être appréciée dans un autre contexte, mais dans le cadre d'une épreuve de concours en temps limité, le jury s'attend surtout à lire une solution qui fonctionne, si possible lisible et simple. Par ailleurs, le jury n'a pas à choisir entre une solution juste et une solution fautive : la notation se fera toujours sur la mauvaise.

#### Remarques particulières

Question 1. Généralement correcte, mais `numpy` et `matplotlib` n'ont rien à voir avec le module `math`...

Question 2. Beaucoup de confusions sur l'écriture des flottants...  $e-5$ ,  $10e-5$ , ou  $10^5$  ne définissent pas  $10^{-5}$  en python. Par ailleurs, l'affectation de  $10^{-8}$  via `rtol=0.00000001` n'est pas une solution élégante.

Question 3. Une application très simple de fonction récursive, généralement comprise.

Question 4. La moitié des candidats environ reconnaît la partie entière du logarithme en base  $b$ .

Question 5. Pour obtenir des points sur cette question qui abordait un point essentiel du programme d'informatique, il ne fallait pas se contenter de généralités creuses. Il fallait reconnaître une manifestation des **erreurs d'arrondis** due à la **représentation des flottants sur un nombre limité de bits**. Beaucoup n'en ont pas été capables, mettant parfois en cause « l'ordinateur », « le langage python » ou prétendant que « l'addition est moins précise que la multiplication ».

Question 6. Trop de candidats sont incapables de répondre correctement à cette question, souvent à cause d'une mauvaise connaissance de la signification du préfixe giga.

Question 7. Une erreur fréquente : « un booléen doit être codé au minimum sur 2 bits, car il ne peut prendre que deux valeurs ». La notion de bit informatique est donc mal comprise de ces candidats.

Question 8 : Cette question de traduction d'un algorithme fourni en pseudo-code a été traitée de manière généralement décevante. Entre les initialisations fausses de la liste de booléens, les boucles qui ne commencent ou ne finissent pas avec la bonne valeur de l'incrément, des divisions euclidiennes sur les booléens (!) et, bien sûr, les erreurs d'indices lors de l'appel d'un élément de la liste (`erato_iter[i]` contenant l'information sur la primalité du nombre  $i+1$ ...), on peut estimer à 10 % environ les candidats ayant proposé une solution parfaitement correcte de cet algorithme... On peut légitimement espérer mieux. Pour cela, une attention plus grande aux détails est nécessaire. Voir en annexe un exemple de bon code pour cette question.

Question 9. Pour traiter cette question correctement, il fallait bien entendu avoir proposé un parcours optimal à la question précédente.

Question 10. On a pu lire quelques très bonnes solutions pour cette question.

Question 11. Une grande majorité de candidats comprennent que  $A = \sum_{i=0}^{N-1} 2^i$ . Calculer correctement cette somme a par contre posé de nombreuses difficultés... cependant, on peut remarquer qu'en maîtrisant le principe du codage binaire, calculer la somme était inutile.

Question 12. On a relevé des confusions entre les opérateurs `%` et `//`. A ce propos, on a lu beaucoup trop de `if a/i==int(a/i)`, ce qui est une solution fautive pour vérifier que  $a$  est divisible par  $i$ .

Question 13. Très peu de candidats ont bien compris la valeur que devait prendre l'argument de `bbs`. Bravo à eux, ce point était subtil ! Par ailleurs, la condition de pseudo-primalité a

donné lieu à nombre de solutions fausses, dans lesquelles l'algorithme renvoyait un nombre dès que l'une des quatre conditions de divisibilité était satisfaite.

Question 14. Un seul appel à **erato\_iter** judicieux évitait de reprogrammer des tests de divisibilité pour tous les nombres testés.

Question 15. La solution la plus simple consistait à faire appel une seule fois à **erato\_iter**. De nombreux candidats se sont lancés dans des constructions trop complexes et coûteuses, qui ne respectaient pas la contrainte imposée par le sujet (complexité linéaire).

Question 16. On demandait de tester l'inéquation fournie à partir d'un nombre particulier, pas à partir de 0. L'appel à **Pi** dans la boucle a été sanctionné, à plus forte raison quand la liste de listes renvoyée par **Pi** était comparée à un flottant...

Question 17. Question en général bien réussie.

Question 18. Certains candidats croient que la méthode des trapèzes possède une complexité différente de celle des rectangles.

Question 19. Attention à l'utilisation de **range**. Trop de candidats ne semblent pas du tout gênés d'écrire **range(a,b,pas)** avec **a** et **b** et **pas** des flottants. De plus on a lu des solutions de la méthode des rectangles à gauche (certes celle exposée en cours le plus souvent, mais il faut savoir s'adapter).

Question 20. Les candidats ont souvent bien traité deux cas sur les trois selon la valeur de  $x$ , mais ont oublié le troisième.

Question 21. Question très peu traitée, et souvent incomprise.

Question 22. Question difficile, très rarement traitée.

Question 23. Question très rarement traitée.

Question 24. Attention à la solution tentante qui consistait à faire appel à une fonction de calcul de factorielle à chaque étape de la boucle... cela fait exploser la complexité.

Question 25. L'erreur la plus courante a été de dire que les deux tables possédant un attribut de même nom, celui-ci ne pouvait servir de clé primaire pour l'une des tables : cela n'a rien à voir avec la définition d'une clé primaire.

Question 26 : Peu de candidats ont perçu la nécessité d'une sous-requête (ou d'un **EXCEPT**) pour la deuxième requête. En revanche, la syntaxe d'une jointure semble mieux maîtrisée que les années précédentes.

## Perles diverses

Comme chaque année, le jury a été ému de trouver dans les copies quelques perles inattendues, auxquelles nous avons décerné les prix suivants :

- Prix « perdu dans la ville » : « Le problème est que les erreurs d'arrondissement s'accumulent » ;
- Prix « Poésie et informatique » : « Le plus petit espace mémoire possible est le facteur spatial » ;
- Prix « le SQL Low-Cost » : « SELECT DISCOUNT FROM ordinateurs ».

## ANNEXE : Proposition de code correct pour Q8

```
def erato_iter(N):
    liste_bool = N * [True]
    liste_bool[0] = False
    i = 2
    while i**2 <= N:
        if liste_bool[i - 1]:
            for k in range(2, N//i + 1):
                liste_bool[k*i - 1] = False
            i += 1
    return liste_bool
```

## 4.2. Informatique option — filière MP

### Généralités.

Le sujet traite d'une méthode de réduction des automates.

Il fait appel, d'une part, à la notion formelle d'automate et, d'autre part, à des structures informatiques complexes que le candidat doit manipuler. L'ensemble permet de bien évaluer l'acquisition du programme des deux années de classe préparatoire.

Les candidats abordent l'ensemble des questions dans leur grande majorité.

La présentation des copies est globalement satisfaisante.

Nous avons pu constater peu d'efforts de rédaction des quelques questions théoriques.

Beaucoup de candidats ne donnent pas d'arguments, se contentent d'arguments superficiels ou ne citent pas les résultats précédemment montrés.

### Première partie : Premiers exemples.

Questions 1-4. Il s'agit ici de décrire le langage accepté par un automate sous forme qualitative ou rationnelle. Ces notions sont globalement comprises.

Question 5. Les candidats montrent qu'ils ont compris la représentation informatique d'un automate choisie ici.

## Deuxième partie : États accessibles d'un automate.

Question 6. Il est utile d'envisager la manipulation d'un compteur et d'un parcours simple de liste.

On trouve quelques solutions correctes, mais quadratiques.

Question 7. On doit mettre en œuvre un parcours en profondeur de graphe. On constate une confusion avec le parcours en largeur ou bien l'oubli du marquage des sommets rencontrés. Une attention toute particulière devait être consacrée à l'ordre exigé du résultat. L'estimation asymptotique de la complexité est parfois fautive ; montrant ainsi une certaine incompréhension du parcours en profondeur.

Question 8. Dans cette question, le candidat doit montrer qu'il a compris le type automate imposé par l'énoncé et qu'il sait manipuler les différents champs du type. Beaucoup de candidats ont mal renuméroté les sommets du graphe ou les transitions.

## Troisième partie : Morphismes d'automates.

Questions 9-10-11-12. Il s'agit ici d'appliquer les propriétés de morphismes citées dans l'énoncé. A noter que certains candidats trouvent un morphisme alors qu'il est demandé de montrer qu'il n'en existe pas.

Question 13. Une preuve formelle et rigoureuse est attendue ici. On doit citer les propriétés d'un morphisme utilisées, à chaque étape du raisonnement. On trouve beaucoup de preuves confuses et peu rigoureuses.

Questions 14 et 15. La preuve du caractère bijectif est souvent confuse.

Question 16. On doit prouver le caractère surjectif en exhibant un antécédent pour chaque état. Ici encore, les preuves sont souvent peu rigoureuses.

Question 17. Le code attendu ici présente de nombreux aspects. Une description qualitative de l'algorithme choisi est utile (et conseillée par l'énoncé). Il est à noter l'utilité de commentaires pour isoler et décrire les différentes parties du code. Ceux-ci facilitent sa lisibilité et sa justesse.

## Quatrième partie : Constructions de morphismes d'automates.

Question 18. On constate parfois une incompréhension de la notion de produit d'automates décrite dans l'énoncé.

Question 19. Il faut ici renommer les couples d'états et les transitions associées. On doit donc trouver une renumérotation ad hoc. Peu de candidats le font correctement.

Questions 20 et 21. On trouve peu de preuves convaincantes.

Questions 22 à 28. La relation d'équivalence décrite dans l'énoncé est souvent mal comprise. Beaucoup de candidats comprennent :  $(\mathbb{Z}(q_j) = \mathbb{Z}(q_{j+1})$  pour tout  $j$ ) ou  $(\mathbb{Z}(q_j) = \mathbb{Z}(q_{j+1})$  pour tout  $j$ )

### **Cinquième partie : Réduction d'automates.**

Il s'agit ici d'une synthèse de l'ensemble des résultats établis dans les questions précédentes. Chacune de ces questions doit être citée dans une argumentation, au moment de leur utilisation.



## 5. SCIENCES INDUSTRIELLES

### 5.1. Introduction

Le support commun retenu pour le sujet des épreuves de S2i/MP et S2i/PSI est une rampe de pulvérisation agricole Berthoud.

L'entreprise Berthoud est un constructeur de systèmes agricoles spécialisés dans la pulvérisation de produits phytosanitaires. Elle possède une maîtrise parfaite de ses produits de la pompe à la rampe en passant par la régulation et la suspension. L'objectif de l'entreprise est de mettre en œuvre les technologies les plus avancées pour créer des produits répondant aux exigences normatives internationales dans le cadre d'une agriculture raisonnée et respectueuse de l'environnement.

Dans ce contexte, il est important d'optimiser la pulvérisation en appliquant sur la plante le produit phytosanitaire « à la bonne dose, au bon moment et au bon endroit ».

L'étude porte plus particulièrement sur la gamme « RAPTOR » conçue pour des usages sur de grandes cultures. Plusieurs types de rampes peuvent s'adapter sur ce modèle de gros porteur. La rampe étudiée dans le sujet est une rampe de type axial.

Elle est composée de plusieurs parties :

- une suspension réalisant la liaison entre le tracteur et le reste de la rampe,
- un bras principal,
- un bras intermédiaire,
- un bras escamotable.

L'objectif est de vérifier le respect des exigences en matière de sécurité et de performance et d'analyser les solutions techniques assurant une hauteur constante de pulvérisation.

Plusieurs dimensions de rampe sont proposées (de 20 à 33m). Ces dimensions très importantes entraînent de nombreux problèmes :

- Partie 1 : pliage et dépliage lors des phases de transport ;
- Partie 2 : sécurité vis-à-vis des obstacles éventuels en bout de rampe
- Partie 3 : stabilisation pour assurer une hauteur constante de pulvérisation.

La première partie du sujet traite donc de la problématique liée au pliage et au dépliage de la rampe complète.

Les activités abordées dans la seconde partie permettent d'étudier l'escamotage de l'extrémité de la rampe et de s'assurer ainsi de la validation des exigences de sécurité imposées par la norme.

La dernière partie propose une modélisation dynamique sur l'axe de roulis de la rampe. Un modèle dynamique simple est d'abord étudié afin de choisir des composants passifs qui permettent de garantir les exigences du cahier des charges notamment pour satisfaire une hauteur de pulvérisation constante.

L'étude finale permet d'aborder un système d'asservissement de l'angle du roulis afin d'améliorer les performances du système.

Pour le sujet MP :

- Partie 1 : Pliage et dépliage de la rampe
  - o Décrire le fonctionnement ;
  - o Évaluer et valider les performances du système.
- Partie 2 : Sécurité de la rampe
  - o Proposer un modèle cinématique du système bras escamotable ;
  - o Proposer un modèle statique du système bras escamotable ;
  - o Valider les performances du système vis-à-vis du couple d'escamotage imposé par la norme ;
  - o Proposer un modèle dynamique en phase de virage ;
  - o Valider les choix des ressorts utilisés dans le système au regard du cahier des charges.
- Partie 3 : Assurer une hauteur constante de la rampe
  - o Proposer un modèle dynamique de la suspension passive de la rampe ;
  - o Choisir les amortisseurs qui permettent de valider les exigences du cahier des charges ;
  - o Proposer un modèle géométrique du système de réglage de l'angle de roulis ;
  - o Proposer un modèle hydraulique du servovérin ;
  - o Analyser et proposer un modèle dynamique simplifié de la commande de l'axe du roulis ;
  - o Évaluer les performances de l'asservissement de l'axe du roulis ;
  - o Proposer un réglage du correcteur ;
  - o Valider les performances du système vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

Pour le sujet PSI :

- Partie 1 : Pliage et dépliage de la rampe
  - o Décrire le fonctionnement ;
  - o Analyse des solutions constructives ;
  - o Évaluer et valider les performances du système.
- Partie 2 : Sécurité de la rampe
  - o Proposer un modèle cinématique du système bras escamotable ;
  - o Proposer un modèle statique du système bras escamotable ;
  - o Valider les performances du système vis-à-vis du couple d'escamotage imposé par la norme ;
  - o Proposer un modèle dynamique en phase de virage ;
  - o Valider les choix des ressorts utilisés dans le système vis-à-vis du cahier des charges.
- Partie 3 : Assurer une hauteur constante de la rampe
  - o Proposer un modèle dynamique de la suspension passive de la rampe ;
  - o Choisir les amortisseurs qui permettent de valider les exigences du cahier des charges ;
  - o Proposer un modèle géométrique du système de réglage de l'angle de roulis ;
  - o Proposer un modèle hydraulique du servovérin ;
  - o Analyser et proposer un modèle dynamique simplifié de la commande de l'axe du roulis ;

- Évaluer les performances de l'asservissement de l'axe du roulis ;
- Proposer un réglage du correcteur ;
- Valider les performances du système vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

Quant à la structure, le sujet MP comprend 24 questions pour une durée d'épreuve de 3 heures. Quant au sujet PSI, il comporte 29 questions pour une durée d'épreuve de 4 heures.

Nous rappelons aux candidats que l'utilisation de la calculatrice est interdite.

En MP étaient abordés les champs disciplinaires correspondant à :

- Cinématique : questions 1, 2, 4, 7, 13 ;
- Dynamique : questions 5, 7, 8, 16 ;
- Schématisation : questions 4, 5, 7, 8 ;
- Systèmes linéaires continus invariants : questions 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22 ;
- Synthèse et validation du cahier des charges : questions 2, 3, 6, 9, 12, 23, 24.

En PSI étaient abordés les champs disciplinaires correspondant à :

- Cinématique : questions 1, 5, 7, 10, 17 ;
- Analyse de solutions constructives : 2, 3 ;
- Dynamique : questions 8, 10, 11, 20 ;
- Modélisation : questions 4, 7, 8, 13 ;
- Système linéaires continus invariants : questions 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 ;
- Synthèse et validation du cahier des charges : questions 5, 6, 9, 12, 16, 28, 29.

### **Conclusions générales et conseils**

La préparation de l'épreuve de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur ne s'improvise pas. Elle résulte d'une longue phase continue d'apprentissage de deux années. Elle est destinée à valider d'autres compétences que celles évaluées par les autres disciplines en s'appuyant fortement sur des réalisations Industrielles qu'il faut appréhender dans leur complexité. Cette préparation doit donc s'articuler autour de l'analyse et de la mise en œuvre de démarches de résolution rigoureuses s'appuyant sur des supports réels contextualisés. Discipline transverse, elle permet, par la variété des problématiques abordées, de valoriser la culture scientifique et technique des candidats.

Le sujet proposé 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 eu comme comportement global d'aborder le sujet dans sa continuité. En effet, sa structure résulte d'une suite logique et ordonnée de questions qu'il convient d'aborder avec un minimum de continuité si on veut appréhender correctement le support ;
- 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 et des représentations graphiques ;

- 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 et 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.

En conclusion, le jury tient à rappeler, avec la plus grande insistance, que les réponses données ne peuvent se limiter à de simples affirmations. Les réponses sans argumentation ne sont pas prises en compte.

## 5.2. Épreuve écrite — filière MP

Question 1. Cette question permettant d'assimiler le fonctionnement du système de pliage/dépliage du bras intermédiaire a été partiellement bien abordée. La première partie sur la position de la tige du vérin a été bien traitée, mais la conclusion demandée n'a pas été comprise par la plupart des candidats.

Question 2. Ce calcul simple de débit et de vitesse s'est avéré souvent décevant. Beaucoup d'erreurs de calcul sont aussi relevées.

Question 3. Le calcul du débit est souvent faux. Les applications numériques posent des difficultés pour un grand nombre de candidats.

Question 4. La relation entre le couple et l'effort dans une liaison hélicoïdale est maîtrisée par beaucoup de candidats. L'application numérique et l'homogénéité des grandeurs posent plus de difficultés.

Question 5. L'objectif de cette question est de vérifier si les capacités du candidat à établir une démarche de résolution avec un maximum de rigueur. L'énoncé du théorème est souvent incomplet (pas de point ou axe). Le bilan des actions est souvent non traité ou très incomplet.

Question 6. Cette question simple sur le calcul du couple d'escamotage n'a pas été traitée par une grande partie des candidats. Ceux qui ont répondu ont souvent réussi à obtenir tous les points de la question. Le jury rappelle qu'il est toujours nécessaire de donner le numéro de l'exigence et de rappeler les valeurs pour justifier la validité du cahier des charges.

Question 7. Cette question sur un calcul de vitesse et d'accélération a été bien traitée par la majorité des candidats. Attention cependant à bien respecter les notations du sujet et à vérifier l'homogénéité des résultats.

Question 8. Question de dynamique qui a posé beaucoup de difficultés à la plupart des candidats. Il est regrettable de constater que cette question sur le calcul d'un moment dynamique à partir d'une masse ponctuelle, similaire à celle posée dans le sujet 2018, n'ait pas été mieux abordée.

Question 9. Cette question sur l'analyse des résultats a posé beaucoup de difficultés aux candidats. Il fallait lire la valeur de l'effort maximum pour tous les modèles de rampe et voir ainsi la nécessité d'adapter le ressort en fonction du modèle de rampe.

Question 10. Cette question classique a été globalement bien traitée. Petit bémol, l'ordre de la fonction est souvent donné à « 0 ».

Question 11. Bien traitée globalement. Attention cependant à donner précisément la limite du coefficient d'amortissement. Beaucoup de valeurs arrondies sont données par les candidats, ce qui n'est pas acceptable.

Question 12. Il fallait discuter du temps de stabilisation en fonction de  $K_v$ . Les critères d'amplitude et de précision doivent aussi être regardés même si ceux-ci ne sont pas forcément limitants. Encore une fois, le jury insiste sur la démarche de résolution qui doit être faite avec beaucoup de rigueur.

Question 13. Cette question classique sur une fermeture géométrique a souvent bien été traitée. Attention cependant aux erreurs de projection. Le tracé d'une figure plane reste très conseillé pour éviter les erreurs de signes.

Question 14. Seulement la moitié des candidats ont répondu à cette question. Le gain de la fonction est facilement déterminable graphiquement.

Question 15. Question bien traitée par beaucoup de candidats.

Question 16. Question classique sur la démarche de résolution d'un problème de dynamique. Attention à l'écriture de l'isolement où l'on retrouve souvent  $\{2, 3\}$  qui est interprété par 2 union 3. Encore une fois, l'énoncé du théorème doit être fait avec rigueur (centre, axe) ...

Question 17. Question assez calculatoire qui a été bien abordée par la majorité des candidats. Attention à bien penser à mettre le résultat sous la forme demandée dans l'énoncé.

Question 18. Des résultats très hétérogènes sur cette question. Beaucoup de candidats ont confondu  $T_1$  et  $T_2$ . La valeur du gain est souvent fautive.

Question 19. Question plutôt bien réussie. Cependant certaines justifications sur les valeurs retenues sont trop peu rigoureuses.

Question 20. Seulement la moitié des candidats ont répondu à cette question, certes de fin de sujet, mais qui reste classique sur la lecture d'un schéma bloc.

Question 21. Cette question a été globalement bien traitée. Attention à essayer de donner la valeur de la marge de phase avec une bonne précision. Sa lecture graphique reste facile. De nouveau, il est important de valider le cahier des charges en rappelant sur la copie l'exigence retenue ainsi que les valeurs limites.

Question 22. Il faut aussi préciser que tous les calculs se font sans calculatrice. Le sujet a donc été construit pour que les valeurs numériques restent simples à calculer (par exemple :  $\sin(30^\circ)$ ). Il est important de donner des résultats chiffrés.

Question 23. Très peu traitée et souvent mal rédigée. Il est important de reprendre tous les critères du cahier des charges et de les valider individuellement, toujours en rappelant les valeurs. Le temps de réponse a souvent été mal évalué à cause du décalage à l'origine.

Question 24. Cette question a été très peu traitée. Elle permettait de voir les capacités du candidat à comprendre le comportement physique de la position angulaire de la rampe. Il fallait vérifier que la rampe reste bien parallèle au sol lors d'une perturbation sur la position angulaire du tracteur. Une allure de courbe (peu précise) était attendue pour valider cette question.

### 5.3. Épreuve écrite — filière PSI

Question 1. Cette question permettant d'assimiler le fonctionnement du système de pliage/dépliage du bras intermédiaire a été partiellement bien abordée. La première partie sur la position de la tige du vérin a été bien traitée, mais la conclusion demandée n'a pas été comprise par la plupart des candidats.

Question 2. La partie de cette question portant sur l'analyse des mobilités et du calcul du degré d'hyperstatisme du modèle n'a pas été bien traitée. Le choix de nouvelles liaisons permettant d'obtenir un modèle isostatique a été mieux traité, cependant il faut faire attention aux représentations des liaisons simples.

Question 3. La question portait sur la réalisation d'une liaison pivot, beaucoup de candidats confondent solution technologique et modèle. Une liaison pivot (modèle) est réalisée par un montage de deux roulements (solution technologique). Très peu de bonnes réponses.

Question 4. Question très mal traitée par la majorité des candidats. Les tracés sont peu précis et souvent réalisés sans instrument. L'utilisation d'un compas et d'une règle est conseillée pour réaliser une épure correcte.

Question 5. Le calcul de débit a posé des difficultés aux candidats. Attention aux erreurs de calcul.

Question 6. Encore beaucoup de calculs faux.

Question 7. La relation entre le couple et l'effort dans une liaison hélicoïdale est souvent bonne. Attention aux applications numériques et à l'homogénéité des résultats numériques.

Question 8. L'objectif de cette question est de vérifier les capacités du candidat à établir une démarche de résolution avec un maximum de rigueur. L'énoncé du théorème est souvent incomplet (pas de point ou axe). Le bilan des actions est souvent non traité ou très incomplet.

Question 9. Cette question simple sur le calcul du couple d'escamotage a été traitée par une grande partie des candidats. On rappelle qu'il est toujours nécessaire de donner le numéro de l'exigence et de rappeler les valeurs pour justifier la validité du cahier des charges.

Question 10. Question sur un calcul de vitesse et d'accélération bien traitée par la majorité des candidats. Attention cependant à bien respecter les notations du sujet et à vérifier l'homogénéité des résultats. Prendre en compte les simplifications données dans le sujet afin de ne pas alourdir les calculs.

Question 11. Question de dynamique qui a posé beaucoup de difficultés à la plupart des candidats. Il est regrettable de constater que cette question sur le calcul d'un moment dynamique à partir d'une masse ponctuelle, similaire à celle posée dans le sujet 2018, n'ait pas été mieux abordée.

Question 12. Cette question sur l'analyse des résultats a posé beaucoup de difficultés aux candidats. Il fallait lire la valeur de l'effort maximum (et non l'effort minimum) pour tous les modèles de rampe et voir ainsi la nécessité d'adapter le ressort en fonction du modèle de rampe.

Question 13. Cette question est globalement mal traitée, attention à l'homogénéité des résultats dans l'expression de la raideur.

Question 14. Cette question classique a été bien traitée. Petit bémol, l'ordre de la fonction est souvent donné à « 0 ».

Question 15. Question bien traitée globalement. Attention cependant à donner précisément la limite du coefficient d'amortissement. Beaucoup de valeurs arrondies sont données par les candidats ne permettant pas au correcteur d'apprécier la justesse de la réponse (en répondant  $\xi = 0.7$ ). Le candidat doit connaître la différence entre la valeur du coefficient d'amortissement permettant d'obtenir un temps de réponse à 5% le plus rapide en réponse à un échelon ( $\xi = 0.69$ ) et la valeur du coefficient d'amortissement pour lequel il y a apparition de résonance ( $\xi = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$ ).

Question 16. Il fallait dans cette question discuter du temps de stabilisation en fonction de  $K_v$ . Le choix d'une valeur doit se faire à partir de critères (amplitude, précision, ...). Encore une fois, le jury insiste sur la démarche de résolution qui doit être faite avec beaucoup de rigueur.

Question 17. Cette question classique sur une fermeture géométrique a souvent bien été traitée. Attention cependant aux erreurs de projection. Le tracé d'une figure plane reste très conseillé pour éviter les erreurs de signes dans les projections.

Question 18. Beaucoup de bonne réponse, attention aux erreurs d'inattention (réponse donnée inversée).

Question 19. Question classique bien traitée par beaucoup de candidats.

Question 20. Question classique sur la démarche de résolution d'un problème de dynamique. Attention à l'écriture de l'isolement où l'on retrouve souvent {2, 3} qui est interprété par 2 union 3. Encore une fois, l'énoncé du théorème doit être fait avec rigueur (centre, axe).

Question 21. Question assez calculatoire qui a été bien abordée par la majorité des candidats. Attention à bien penser à mettre le résultat sous la forme demandée dans l'énoncé.

Question 22. Des résultats très hétérogènes sur cette question. Beaucoup de candidats ont confondu T1 et T2. La valeur du gain est souvent fautive. Attention aux unités des constantes de temps (en seconde...)

Question 23. Question plutôt bien réussie. Cependant certaines justifications sur les valeurs retenues sont trop peu rigoureuses.

Question 24. Question classique sur la lecture d'un schéma bloc. Plutôt bien traitée.

Question 25. Cette question a été globalement bien traitée. Attention à essayer de donner la valeur de la marge de phase avec une bonne précision. Sa lecture graphique reste facile. De nouveau, il est important de valider le cahier des charges en rappelant sur la copie l'exigence retenue ainsi que les valeurs limites.

Question 26. Le nom du correcteur a souvent posé des problèmes aux candidats. Les résultats sur l'impact de ce correcteur sur le système ont souvent été mal justifiés.

Question 27. Il faut aussi préciser que tous les calculs se font sans calculatrice. Le sujet a donc été construit pour que les valeurs numériques restent simples à calculer (par exemple :  $\sin(30^\circ) = 0.5$ ). Il est important de donner des résultats chiffrés avec les unités.

Question 28. Question très peu traitée et souvent mal rédigée. Il est important de reprendre tous les critères du cahier des charges et de les valider individuellement, toujours en rappelant les valeurs. Le temps de réponse a souvent été mal évalué à cause du décalage à l'origine.

Question 29. Cette question a été très peu traitée. Elle permettait de voir les capacités du candidat à comprendre le comportement physique de la position angulaire de la rampe. Il fallait vérifier que la rampe reste bien parallèle au sol lors d'une perturbation sur la position angulaire du tracteur. Une allure de courbe (peu précise) était attendue pour valider cette question.



## 6. FRANÇAIS

Il ne serait pas possible « d'aimer » ce que l'on connaîtrait complètement.

L'amour s'adresse à ce qui est caché dans son objet. L'amoureux pressent le nouveau : il réfléchit du nouveau sur chaque chose.

Les sensations propres de l'amour sont en dehors des lois de l'accoutumance. Elles ne peuvent jamais passer à l'inaperçu<sup>11</sup>. — Ce qui est « aimé » est, par définition, en quelque manière inconnu. Je t'aime, donc, je ne te sais pas. — Donc je te bâtis — je te fais ; et tu te défais. Je fais ma demeure, ma toile, mon nid, un tissu d'images pour y vivre, pour y cacher ce que je crois avoir trouvé, pour me cacher de moi.

Paul Valéry, « Eros » (fragment datant de 1913), *Cahiers*, Ed. Gallimard

Dans quelle mesure ce propos éclaire-t-il votre lecture du *Banquet*, du *Songe d'une nuit d'été* et de *La Chartreuse de Parme* ?

### La méthode de la dissertation : remarques générales

Le sujet proposé cette année aux candidates et 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 – exigence qui n'a rien d'exorbitant si l'on considère que le sujet se déploie en tout et pour tout sur sept lignes. Sept lignes denses certes, mais dont il était impératif d'avoir tenté de maîtriser l'ensemble des enjeux pour espérer faire la différence dans l'esprit des correcteurs.

### A - L'introduction

La pensée développée dans la copie doit donc se déployer sur la base de cette lecture initiale, complète et détaillée, du sujet, et tout commence par un moment extrêmement normé, celui de l'introduction, qui suppose une amorce, la citation du sujet, son analyse, une problématisation et l'annonce du plan. L'introduction, loin de se réduire à une mécanique

---

11: Passer à l'inaperçu : cesser d'être perçues, parce qu'on s'y serait habitué [précision fournie aux candidats].

formelle, doit permettre à la pensée de se mettre en place, et les premières lignes doivent éviter les généralités. Le but de l'introduction n'est pas de créer un effet d'attente ni de flou artistique, mais d'éclairer les fondements de la réflexion, d'exposer des enjeux, d'amorcer les pistes qui seront explorées. Inutile donc de proposer une introduction excessivement longue (certaines dépassent la longueur d'une partie entière). Il s'agit de mettre en place les éléments clés pour comprendre le cheminement intellectuel, non de tout dire, d'énoncer une mise en perspective qui oriente d'emblée le propos du candidat. Et dès le départ il convient de se rappeler que commencer un devoir revient à exposer un travail spécifique sur un sujet particulier : il ne sert donc à rien de chercher à replacer dans l'introduction une problématique déjà traitée en classe.

L'introduction peut débuter par une **amorce**, c'est-à-dire par une autre citation librement choisie par le candidat qui la place en résonance avec le sujet. Mais ce procédé n'a **absolument rien d'obligatoire**, et cette amorce ne doit en aucun cas usurper la place du sujet, voire se substituer à lui. Elle constitue simplement un procédé rhétorique qui permet une entrée en matière plus élégante, et vise à préparer le terrain à la réflexion qui va suivre. Si cette amorce peut davantage séduire le jury que des considérations générales pleines de banalité, sa présence, il faut le répéter fermement, n'a rien d'obligatoire et aucune copie n'est pénalisée pour n'en avoir pas fourni. Et si les candidats des sessions futures souhaitent continuer à lancer leurs devoirs par ce procédé de l'amorce, qu'ils aient conscience de quelques règles inspirées par le bon sens. L'amorce doit être brève (une copie l'oublie, et évoque *Yvain* sur plus d'une demi-page !), pertinente (et donc en lien direct, ou en opposition, avec le sujet) et de qualité. On proscriera donc les platitudes (« L'amour dure trois ans... ») ou les références à des œuvres ou à des auteurs dont on dira seulement ici qu'ils semblent peu adaptés à un contexte académique. Que les candidats s'en tiennent à la littérature, à l'opéra, à la peinture ou à la sculpture... Et qu'ils préparent pendant l'année des exemples personnels au lieu de reprendre systématiquement dans les amorces des références convenues comme celle à *Carmen*, très sollicitée cette année.

En ayant recours à une amorce maladroite, voire déconnectée du sujet proposé, le candidat attire d'emblée l'attention du correcteur sur une forme d'incohérence. On peut donc conseiller de ne pas systématiquement chercher à replacer une citation rencontrée pendant l'année. Et le mieux étant l'ennemi du bien, il est préférable, si l'on n'a aucune idée d'amorce convaincante, de passer cette étape et de se concentrer sur une analyse très précise des termes du sujet. D'autant que cette année, on y reviendra, la citation de P. Valéry offrait amplement matière à réflexion.

Vient ensuite **la présentation du sujet, soit à travers sa citation intégrale, soit à travers une reformulation**, ce qui était tout à fait possible cette année. On ne saurait trop recommander aux candidats de prendre en compte la globalité de la citation. Trop nombreuses ont été les copies qui ne restituaient que la première idée du sujet : on aime le mystère, ce qui est inconnu. L'analyse découlant d'une perspective aussi réduite était dès lors forcément lacunaire. Une lecture globale du sujet est pourtant une étape essentielle, qui permet de forger la problématique. Et l'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.

Le jury a donc regretté qu'un nombre important de candidats fasse encore trop souvent référence au programme de l'année dernière qui concernait l'aventure : les propos de Valéry sont ainsi très vite déformés, ces candidats voyant dans l'imagination de l'amant un principe essentiellement positif, le plus souvent une quête, une « aventure » extraordinaire. Il semble donc important de rappeler aux candidats qu'ils doivent accueillir le sujet *dans sa spécificité et sa particularité*, avec la plus grande fraîcheur d'esprit, et ne pas chercher à rapatrier des connaissances anciennes et parfaitement identifiables comme telles par le correcteur. Jankélévitch, auteur au programme de l'année dernière, a ainsi été cité *ad nauseam* par les candidats.

Dans l'analyse du sujet, le candidat dévoile ainsi sa capacité à réutiliser ses connaissances dans une perspective nécessairement inédite. Il affiche l'étendue et la qualité de sa pensée critique. À cet égard, la réflexion de Valéry offrait un terrain particulièrement fécond, dans la mesure où aucun des éléments successivement avancés ne pouvait prendre sens par lui-même, indépendamment de la totalité du propos : plus que jamais une **analyse fine de l'ensemble du propos** se révélait indispensable. Mais encore fallait-il que l'analyse nourrisse effectivement la suite du travail. Or il est très fréquent qu'une introduction rende bien compte du trait le plus complexe de la citation (*i.e.* que l'homme se dissimule à soi en construisant un être aimé imaginaire), mais qu'en même temps cet aspect remarqué dans l'analyse du sujet développé en introduction soit totalement passé sous silence dans le développement, voire soit immédiatement (et contradictoirement !) remplacé par l'idée que cette construction amoureuse grandit et révèle à lui-même celui qui aime.

Après avoir pesé les différentes expressions employées par Valéry, envisagé leur signification, leurs implications, leurs interactions, vient le moment de formuler une **problématique**. Attention à ce moment périlleux ; on ne compte plus les phrases qui mélangent deux formes d'interrogation – directe et indirecte – et qui hérissent le correcteur tant elles sont maladroites. La formulation de la problématique doit découler évidemment du travail de réflexion précédent, et s'énoncer de manière fluide, sans multiplier les interrogations (or certains devoirs n'hésitent pas à proposer une véritable cascade de questions, où l'on peine à saisir l'enjeu précis de la problématique). Et tout se complique davantage encore quand le plan est lui-même annoncé sous forme interrogative, mais de façon assez floue pour que le correcteur ne soit pas certain qu'il s'agit bien du plan !

**L'annonce du plan** doit découler de l'analyse personnelle du sujet, loin de toute réutilisation de schémas tout prêts, dans lesquels, par exemple, l'annonce du contenu de la deuxième partie, prétendument (mais en vérité caricaturalement) antithétique, consiste à aviser le correcteur du fait qu'il existe d'autres façons de voir la question de l'amour. D'autres façons dont Valéry, bien entendu, ne dit mot. Et dès lors, le sujet sera oublié et le cours récité durant toute la suite du développement.

## **B - Le développement**

Le développement progresse en effet trop souvent de manière simpliste, voire incohérente (certains devoirs affirmant dans la deuxième partie exactement le contraire de ce qu'ils viennent d'énoncer dans la première). Le sujet est progressivement « oublié » au profit d'une dérive vers la récitation de cours ou d'un traitement général et flou du thème au programme. Les copies dialoguant authentiquement avec le sujet sont assez rares. 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.

Pour la clarté du devoir, il faut veiller à bien **sauter des lignes** aux charnières de la réflexion : entre l'introduction et le développement, entre chacune des grandes parties, entre le développement et la conclusion. Le développement est constitué de parties, elles-mêmes conçues autour d'arguments, illustrés par des exemples variés. Il est préférable **d'annoncer, au début d'une partie ou d'une sous-partie, le contenu des questions qui vont être discutées, et d'argumenter au fil des parties en confrontant systématiquement les points de vue des auteurs** du programme. 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 sur 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. Et il est fort dommage de construire une partie entière sur un seul exemple tiré de façon mécanique des trois œuvres. Idéalement, les œuvres doivent être confrontées, de façon équilibrée et précise si possible. Une simple allusion ne saurait être convaincante, mais on peut s'appuyer sur une situation que le candidat présente, sur l'évolution d'un personnage, sur une idée formulée par l'un d'entre eux, ou même (mais pas obligatoirement) sur une citation exacte qu'on se gardera bien de tronquer n'importe comment !

Recourir au fil du développement à des concepts comme le désir mimétique (Girard), l'idéal du moi ou le moi idéal (Freud), ou même la cristallisation (Stendhal) était évidemment une bonne chose. Néanmoins, toute allusion trop succincte était à proscrire : il faut toujours expliquer ce dont on parle et, bien entendu, appliquer les théories convoquées aux œuvres du programme. On ne le dira jamais assez : le candidat ne doit pas compter sur le jury pour décrypter ses écrits ! Il doit produire un discours autonome et suffisant, en s'interdisant toute allusion.

La méthode de la dissertation est globalement comprise, mais de façon caricaturale. Trop de candidats se croient obligés de composer un développement en forme de thèse/antithèse autour d'une lecture très simplifiée du sujet (peut-on aimer l'inconnu et, si oui, pendant combien de temps vu que l'inconnu devient vite connu ?). Quant à la synthèse, elle se limite trop souvent à une récitation générale sur un des aspects du thème, autrement dit une description de ce que le candidat a compris de l'amour platonicien et du fait de se transcender. Dès lors, le devoir présente peu de progressivité ou de cohérence, et il se transforme en patchwork, impression d'ailleurs confortée par la propension qu'ont les

candidats à présenter des parties de développement parfois composées d'un seul paragraphe.

C'est la cohérence globale qui doit primer. Et à ce titre, et pour en finir avec ces considérations sur le développement de la dissertation, rappelons qu'il vaut mieux proposer un plan en deux parties, à condition que celles-ci ne se contredisent pas grossièrement (le principe de non-contradiction vaut en effet pour tout type de réflexion logique !) plutôt qu'une organisation en trois parties, où la troisième, en forme de « postiche » ou de fausse fenêtre se contente d'énoncer des vues moralisatrices (l'amour doit s'inscrire dans la durée), faussement « dialectiques » (pour aimer, faut-il créer de l'inconnu ?) ou dépourvues de tout lien avec le sujet...

Et on terminera ses considérations en indiquant que si peu de candidats ont pris le risque d'une discussion du sujet phrase par phrase... peut-être parce que c'est précisément ce qu'on leur interdit de faire tout au long de l'année, certaines rares copies l'ont cependant fait en discutant les idées successives à l'intérieur des paragraphes, et le résultat était plutôt réussi.

### ***C - La conclusion***

Les conclusions sont souvent très courtes (entre 5 et 10 lignes, parfois moins), ce qui engendre un déséquilibre fâcheux par rapport à des introductions beaucoup plus longues. Ces conclusions, d'une grande pauvreté surtout, 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 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, quand elle n'est pas d'une banalité affligeante.

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 du devoir.

**Le sujet proposé cette année : analyse, pistes, suggestions**

### ***A – L'analyse du sujet : trois moments à identifier***

L'introduction, on l'a dit plus haut, offre aux candidats l'occasion de développer leur lecture et leur compréhension du sujet. Or le jury doit relever le fait que les entrées en matière des copies présentent peu d'analyses détaillées solides. Rares sont par exemple les étudiants qui ont bien distingué clairement les trois étapes de l'extrait proposé. Et plus rares encore ont été celles et ceux qui ont interrogé la logique interne de la pensée de Valéry, et notamment

l'étrangeté du « donc » (« *Donc* je te bâtis ») qui amorce la transition vers le second moment de l'extrait. Le jury, en d'autres termes, attendait une analyse plus fine des images, de la syntaxe, de l'usage des pronoms, de l'énonciation, de la forme en un mot, sachant que celle-ci est évidemment porteuse de sens. C'est à cette analyse qu'on procèdera maintenant en soulignant d'emblée qu'une lecture fine de la citation permettait d'identifier trois moments successifs.

1 – Tout d'abord, une première série lexicale aisément identifiable évoque des idées de nouveauté, d'absence d'accoutumance, de mystère, d'énigme, d'extra-ordinaire : aimer, nous dit l'auteur, signifie instituer une rupture avec l'habitude. J'aime ce que je ne connais pas. Ce premier temps du sujet, le plus long, mais peut-être pas le plus important (même si c'est à lui que les candidats ont consacré l'essentiel de leur attention), constitue un ensemble de variations sur ces thématiques, qui se poursuit jusqu'à « je t'aime, donc, je ne te sais pas ».

2 – Une deuxième série lexicale vient ensuite se greffer sur la première, opérant une réorientation d'autant plus subtile qu'elle se donne pour une simple conséquence ou un simple prolongement logique de ce qui précède (« *Donc je te bâtis* ») alors même que le propos, d'abord quasi exclusivement tourné vers un objet de l'amour différent du Moi, se recentre sur le Moi, comme l'indique la floraison des indices de la première personne à partir de « *je te bâtis* ». L'objet de l'amour n'est plus cette énigme vers lequel l'attention se déportait et par lequel elle était jusqu'ici attirée, aspirée, confrontée au vertige de l'altérité inconnue. Au contraire, il est entièrement construit, bâti, élaboré (et donc imaginé, comme le signale la métaphore du « *tissu d'images* ») par un Moi qui redevient l'instance de référence. Le sentiment amoureux, loin de confronter ce Moi à l'altérité et donc à ses limites, puisque ce Moi était jusqu'ici sommé de s'ouvrir à l'inconnu, devient un moyen de le conforter. Le Moi est dorénavant source et origine d'un sentiment dans lequel l'objet de l'amour ne joue plus qu'un rôle de prétexte : l'ouverture à l'altérité, la rencontre avec l'inconnu n'étaient qu'illusions dissimulant la vérité d'une relation dans laquelle le Moi, loin de s'abolir en se confrontant à d'autres horizons, revient sur le devant de la scène — et ce dans un deuxième mouvement de la pensée inattendu certes, mais dont on peut toutefois souligner qu'il avait été amorcé plus haut, dans un tour ambigu niché au cœur de la première série lexicale, lorsque Valéry écrivait que l'amoureux « *réfléchit* du nouveau sur chaque chose », passage dans lequel il n'est pas interdit maintenant d'identifier une ambiguïté, une tension entre l'idée que l'amoureux

- après avoir pressenti le nouveau, l'analyse, le pense, y *réfléchit*, sens auquel on peut arriver en considérant que nous avons affaire à une coquetterie stylistique de Valéry,

- ou bien qu'il reflète, renvoie, *réfléchit* encore (mais dans un autre sens) ce qu'il élabore *in petto* de « nouveau » sur l'objet aimé. Auquel cas, le verbe « réfléchir » pris dans ce second sens constituerait, au sein du premier mouvement du propos, une annonce du tour « narcissique » dont on vient de voir qu'il est amorcé dans le deuxième mouvement.

3 – Enfin, la pensée opère un ultime glissement, puisque nous passons de « *pour y cacher ce que je crois avoir trouvé* » (où il est encore question de narcissisme, et d'un Moi instrumentalisant l'objet amoureux qu'il nourrit et densifie de ses fantasmes qui construisent

et « bâtissent » un objet sans doute différent de la réalité objective de cet objet) à « *pour me cacher de moi* », qui évoque le Moi d'une manière encore plus inattendue que précédemment, dans la mesure où cette idée de se « cacher » de soi vient suggérer que l'élan vers l'autre ne serait alors qu'une manière de fuir ce qui existe en moi/en nous/en tout sujet amoureux de pire, ou d'inavouable.

Autrement dit, et si nous reprenons l'ensemble de la citation d'un seul tenant, l'affirmation de l'illusion désintéressée et pure, l'idée d'un amour perçu comme élan vers l'inconnu pour y trouver du nouveau, ne constituent qu'un premier temps de la pensée, qui précède un deuxième moment où il est question, dans une perception plus profonde (et, du point de vue de Valéry, sans doute plus juste) d'un sentiment dans lequel le Moi, plutôt que l'autre, occupe le devant de la scène dans le travail de construction de l'objet. Et de ce travail les derniers mots de la citation disent qu'il est effectué pour des motifs peut-être aussi sombres qu'inavouables...

### ***B – L'interprétation du sujet : erreurs et maladroites récurrentes***

Le mouvement du sujet expose donc des découvertes, des approfondissements ou des ajustements successifs. De révélation en révélation, chaque lecteur de ce sujet se retrouve *in fine* face à lui-même, face à une part obscure que le sentiment amoureux dissimulerait de son mieux — mais que la réflexion sur la représentation du sentiment amoureux dans les textes pouvait mettre en évidence, au moins comme une question à discuter. Mais ***il fallait pour cela que les candidats acceptent de se confronter à l'ensemble du sujet dans ses trois niveaux de complexité croissante***, ce qui était sans doute source de difficulté, mais qui contribuait sur des bases objectives à la sélectivité du sujet. Or la majorité des devoirs ne s'est pas aventurée au-delà de variations sur le premier niveau d'analyse qui instaure l'ignorance de l'autre ou son mystère comme préalables à l'amour. Cela a donné lieu à des dissertations relativement pauvres qui oblitéraient la richesse de la réflexion de Valéry et pour tout dire, son véritable intérêt. La plupart du temps, les candidats se sont contentés d'illustrer la première partie de la citation, puis ont proposé une antithèse aux propos de l'auteur des *Cahiers*. Les meilleures copies sont celles qui se sont confrontées à la citation en son entier, qu'elles aient proposé, ou non, un plan dialectique, puisque plusieurs manières de procéder étaient en effet parfaitement envisageables : traiter successivement les trois niveaux d'analyse à l'aide d'un plan progressif (lequel ne devait naturellement pas exclure l'aspect critique de mise à l'épreuve par les textes), ou considérer la citation globalement (par exemple, l'amour comme l'expression d'une imagination narcissique) et développer alors un plan de type « dialectique », entrant globalement en confrontation avec les idées essentielles de Valéry.

C'est du sujet qu'il faut partir, et ***du sujet envisagé dans l'ensemble de ses implications qu'il convient de discuter, et non d'ignorer délibérément***. Même si l'âge des candidats pourrait (?) expliquer qu'ils s'en tiennent à une conception idéalisée de l'amour, on peut déplorer parfois l'expression d'une naïveté embarrassante, qui se traduit notamment par une totale incapacité à prendre acte du pessimisme, voire de la noirceur de la citation, et conduit à ces approches tronquées du sujet essentiellement appuyées sur « je t'aime donc je ne te sais

pas ». L'idée d'un anéantissement de l'être aimé au profit d'une image de soi idéalisée (« je te fais et tu te défais (...) pour me cacher de moi ») est restée, pour beaucoup d'entre eux, parfaitement inaudible. Et le dialogue avec le sujet n'a pu se mettre en place.

La difficulté du sujet, réelle certes, n'avait pourtant rien d'insurmontable pourvu qu'on accepte d'en effectuer une approche attentive. Les candidats étaient ainsi conviés à comprendre, à accompagner, voire à contester s'ils le souhaitaient, le fil d'une pensée qui donne l'impression de chercher son chemin et dont il fallait discerner les étapes essentielles, en acceptant de dialoguer avec l'extrait, en progressant du connu vers l'inconnu ou l'inattendu. Or trop nombreux sont les candidats qui n'analysent jamais véritablement le sujet, se satisfont d'une rapide paraphrase maladroite, et ne proposent aucune problématisation, aucune perspective, aucun point de vue. Le mouvement même de la pensée de Valéry tel qu'on vient de le détailler plus haut était une invitation au dialogue et à la liberté. Il est dommage donc que de nombreux candidats se sont contentés de réciter de grands pans de cours, ou de ne retenir que le début de la citation et l'élan vers l'inconnu, au détriment de tout le reste, et ce de manière réductrice, voire triviale, en se dispensant de réfléchir en effet à l'attrait du mystère incarné par l'autre pour réduire le propos de Valéry à un stéréotype en forme de truisme : « Quand on rencontre quelqu'un, par définition on ne le connaît pas, mais peut-on être encore amoureux dans la durée quand on le connaît ? »

Les erreurs d'interprétation du sujet les plus fréquentes prennent ainsi la forme de contresens réducteurs, voire moralisateurs. Pour certains candidats, il va de soi que l'auteur conseille de faire « son nid », c'est-à-dire bâtir sa maison, se marier et avoir des enfants... ou que l'amour voit de la nouveauté partout, qu'il est une simple distraction, qu'on peut aimer n'importe qui, que l'aimé se cache de lui-même. Autant de copies donc dans lesquelles le sujet n'est qu'un prétexte à l'exposé de stéréotypes issus de la sagesse des nations, assemblés selon une logique prévisible stipulant que l'inconnu est important dans la relation amoureuse (1), mais que, comme il est nécessaire de connaître l'aimé (2), il convient, pour cimenter le couple de trouver un équilibre entre les deux (3). Ce ton prescriptif, souvent doublé d'une énonciation à la première personne du pluriel, est fréquent, et ne saurait constituer une réponse satisfaisante au sujet si l'on veut bien se souvenir de la richesse du propos de Valéry.

On trouve enfin dans les copies des lectures qui, sans être inexactes, demeurent trop générales et superficielles. Valéry nous dirait que l'amour est incompatible avec la Vérité, il se demanderait si la connaissance tue l'amour ou si elle le fait-elle évoluer. Il se demanderait comment identifier ce qu'on aime, ou si le désir est égoïste, si l'amour est projection mentale ou réalité. L'amour permet-il la connaissance ? Cherchons-nous à ignorer une partie de l'autre ? L'inconnu n'est-il pas dangereux ? Aimer, est-ce refuser de considérer l'altérité ? L'amour n'est-il qu'une construction mentale ? Aimer, est-ce imaginer les mystères qui entourent l'objet ? Toutes ces directions évoquent des questions effectivement soulevées par Valéry, mais d'une manière trop partielle.

### **C - Traitements possibles du sujet : deux parcours, deux perspectives**

D'autres copies, en revanche, présentent des pistes de réflexion stimulantes. On a pu lire des développements intéressants autour de l'idée que se cacher derrière l'image idéalisée de l'autre, les fantasmes, les rêves, revient peut-être à se cacher de la mort. On s'est demandé s'il est possible de bannir l'illusion en amour, si le sentiment amoureux n'a pas toujours un fondement culturel (ce qui revient à dire que nous aimons forcément à travers des représentations littéraires, philosophiques ou des images). D'autres devoirs se demandent si aimer ne permet pas en réalité de se confronter à soi, ou si aimer revient à construire un monde autour de celui qu'on aime comme exutoire par rapport à son moi : quel lien existe-t-il dès lors entre la connaissance de l'objet aimé et les sentiments qu'il inspire ? L'analyse de l'image de la « toile » a fourni des développements intéressants autour de la fragilité de la construction de l'objet de l'amour confronté à l'épreuve du réel, autour du sens de la création d'artifices pour se cacher de soi : peur de se découvrir ? volonté de construire un monde pour fuir sa propre personne ? recherche exclusive d'une adéquation avec soi-même ou volonté de se déposséder de soi-même pour s'oublier et s'élever avec l'autre ? Les lectures, on le voit, ont été multiples, les bonnes surprises nombreuses. Après avoir évoqué les approches des candidats dans ce qu'elles avaient de contestable, mais aussi d'intéressant, nous proposons donc maintenant quelques pistes pour aborder le traitement de la citation de Valéry.

#### **C-1 : un premier parcours possible**

Au lieu d'appliquer une prétendue « méthode » qui exigerait d'illustrer platement la citation, avant de prendre le parti de la contester systématiquement, on pouvait attendre des candidats, on le répète, qu'ils acceptent d'écouter le sujet. Bien entendu, on pouvait donc rappeler dans un premier temps que l'amour est ouverture à la nouveauté, perception du mystère de l'autre, confrontation à l'énigme de l'altérité. C'est vrai dans *Le Banquet*, avec la célèbre évocation par Alcibiade de Socrate le Silène, objet de fascination universel. C'est vrai aussi dans *Le Songe d'une nuit d'été*, où il n'est qu'à voir le désarroi exprimé par les héroïnes lorsqu'elles perçoivent l'objet aimé comme dépositaire d'une irréductible étrangeté qui le constitue en énigme insaisissable. La relation Hélène-Hermia fournit ainsi l'occasion d'exprimer un étonnement sans bornes : elle est identique à moi, elle est même moins belle que moi, et pourtant c'est moi qui suis malheureuse alors que les prétendants se bousculent à ses pieds ; et tout au long de la pièce les unes se demandent par quel miracle d'autres peuvent bien s'y prendre pour ne pas les aimer, sans parler de l'étonnement du spectateur auquel il faut présenter l'action de sortilèges pour lui faire admettre l'existence de certains sentiments partagés, comme ceux existant par exemple entre une fée et un âne... Enfin, dans *La Chartreuse de Parme*, la mère de Fabrice et sa relation au lieutenant français, la relation entre Mosca et la Sanseverina, les sentiments des paroissiennes amoureuses de Fabrice, en qui elles voient un parangon de l'extraordinaire, fournissent autant d'exemples de cette fascination pour le mystère et l'inconnu évoquée par le sujet.

Mais dans un deuxième temps la réflexion pouvait aller plus loin, aborder les autres aspects du sujet, et mettre ainsi en évidence le travail du moi et de son imagination dans la construction de l'objet aimé. On pouvait alors s'appuyer sur les indices de la première

personne qui fleurissent dans le propos de Valéry dans un deuxième temps. **On fera observer que c'est le sujet lui-même, qu'il suffisait donc d'accepter de lire et de traiter, qui fournissait à qui acceptait de s'en tenir à lui des arguments pour réfuter ce qui avait été dit dans un premier temps.** L'objet aimé n'est plus une énigme à découvrir, une vérité nouvelle à découvrir ou à révéler, mais une illusion/une image à construire, un préjugé à entretenir, il n'est qu'un prétexte, plus ou moins consistant (il peut d'ailleurs se « défaire »), à la mobilisation de mes rêves, désirs, fantasmes, dans un mouvement où le « je » ne s'efface jamais. On pouvait se référer à l'évocation, dans *La Chartreuse de Parme*, des premières amours de Fabrice s'émerveillant par exemple de ce qu'une de ses maîtresses « porte le même nom que [lui] », commenter l'allégeance du héros au modèle donjuanesque comme une mise en évidence du fait qu'il est davantage préoccupé par l'obsession de correspondre à un modèle capable de le combler personnellement plutôt que de déchiffrer le mystère de l'objet de son attirance. La prégnance de la rhétorique pétrarquiste dans *Le Songe d'une nuit d'été* montrait bien également ce travail d'embellissement, de construction et d'idéalisation de l'Autre par *mes références, ma culture, mon univers*, et ce loin de toute tentative de l'appréhender dans son irréductible étrangeté. Et dans *Le Banquet* il est souvent question, pour la dénoncer, de la recherche de gloire personnelle à travers le dévouement de l'amoureux.

Est-ce donc dire que le Moi se met définitivement en avant ? Non, puisque dans un troisième temps le paradoxe final déjà évoqué vient suggérer que l'amour doit être considéré comme une relation dans laquelle il s'agit en fait de se dissimuler, de masquer à soi-même ses propres abîmes. Comment ne pas penser alors à l'idée que je n'aime que sur l'injonction d'autrui, que je suis un être d'imitation ? Les devoirs pouvaient se référer alors à la problématique de la rivalité mimétique girardienne abondamment présente dans les œuvres de Shakespeare et Stendhal, et perceptible en filigrane dans *Le Banquet* à travers la jalousie d'Alcibiade. Ces points, abondamment été traités en cours tout au long de l'année, pouvaient conduire les copies à envisager que le sentiment amoureux, dans le mouvement qui conduit l'amant à vouloir s'approprié l'autre, à le réduire à une expansion de lui, mène à la guerre de tous contre tous et de tout contre tout, une guerre perceptible dans *Le Songe d'une nuit d'été* à travers les conflits opposant les pères aux fils, les amants entre eux (jusqu'à la fin de l'acte III), les éléments climatiques entre eux ; une guerre perceptible dans *La Chartreuse de Parme* à travers l'évocation multiforme des ravages de la jalousie ; une guerre identifiable dans *Le Banquet* à travers la mention des égarements d'Alcibiade, que la philosophie, à travers les indications de Diotime et l'exemple donné par Socrate, tente de contenir ...

Le sujet invitait bien les candidats à donner toute son importance à l'expression « pour me cacher de moi », qui pouvait laisser penser que le sujet aimant est animé par de mauvaises intentions, ou du moins qu'il est habité par des pulsions dont il est peu fier. L'élan vers l'autre pouvait donc bien être considéré *in fine* comme une façon de fuir ce qu'on pressent receler, et l'amour pour l'autre ne serait finalement qu'une stratégie pour échapper à l'inavouable en nous. Peu de candidats parmi ceux qui ont pris en compte l'intégralité du sujet ont exploré cette piste, alors même qu'ils l'ont repérée, comme leurs analyses fines le montrent. Ce n'est donc peut-être pas par négligence qu'ils n'ont pas creusé cet aspect sombre, mais un optimisme réjouissant leur a fait contester (comme ils en avaient parfaitement le droit) cet

aspect de la pensée de Valéry en démontrant au contraire que le nid, microcosme du couple, visait à permettre une élévation de l'âme. Rien n'empêchait en effet les candidats (il faut le répéter, et rappeler que certains, à juste titre, ne s'en sont d'ailleurs pas privé) de récuser au moins partiellement la noirceur du point de vue de Valéry, d'argumenter autour de l'idée que l'Amour est ouverture au monde, à sa complexité et ses mystères, ou de laisser ouverte la possibilité d'évoquer des relations amoureuses exceptionnelles, comme celle entre Fabrice et Clélia, qui permettraient, au moins pour un temps, de briser le cercle du narcissisme...

Ainsi, pour ouvrir en conclusion vers d'autres enjeux plus globaux, Valéry met en lumière l'angoisse minant tout amour. Il dit l'impossibilité de connaître l'autre, altérité libre, susceptible d'être toujours autre que ce qu'il est ou paraît être. Et de fait, le sujet interroge aussi l'impossibilité de savoir exactement pourquoi on aime, puisque l'autre excède toujours les raisons qui le rendent aimable. C'est peut-être fondamentalement l'inconditionnalité de l'amour qui est ici interrogée : l'amour n'est authentique qu'à condition d'être inconditionnel, mais il est fragilisé par cette caractéristique fondamentale puisque je ne sais pas exactement ce qui justifie ma préférence. Dès lors, dans une réaction de défense naturelle, je m'approprie celui qui m'échappe, je le bâtis et je le recompose en le rendant conforme à mes désirs et mes attentes. Je me rassure sur mon amour que je ne m'explique pas et dont l'objet m'échappe. Mais alors, l'autre est nié dans son altérité et dans sa spécificité, l'amour n'est plus que de l'amour propre, ou un désir un peu vain de gémellité stérile.

## **C2 : un deuxième parcours possible**

L'amour d'une altérité inconnaissable est-il voué au narcissisme ? L'ensemble de cette problématique pouvait se décliner en trois temps, qui mènent cette fois à une conclusion plus optimiste.

I. L'amour naît effectivement de la perception de l'inconnu de l'autre, d'un inconnu que l'amant, en quête de certitudes, s'approprie en se forgeant un « tissu d'images » qui le rassure. L'inconnu est alors en même temps désirable, subi et refusé.

II. Mais dans un second temps le refus de l'insaisissable de l'autre court le risque de se transformer en affirmation narcissique de soi, en recherche de ressemblance, en négation de l'amour même, qui n'est plus que le moyen d'un amour de soi inavoué, voire d'une incapacité à aimer vraiment.

III. Aimer sans guillemets, dès lors, n'est-ce pas finalement accepter l'altérité et l'inquiétude attachée à tout amour, dans une expérience de lucidité et de vérité de l'autre et de soi ? Les hommes aiment parce qu'ils sont incomplets, mortels, misérables, mais l'amour véritable leur révèle aussi leur véritable destination : tendre vers l'idéal, sortir de soi, engendrer des enfants ou des œuvres, construire des rapports humains qui s'émancipent de l'égoïsme des désirs. Il permet à chacun, avec l'autre, d'aller au-delà de ce qu'il est.

### **C3 : un bilan**

Ce sujet, on le voit, ne proposait pas une définition statique, en forme de maxime, du sentiment amoureux, même si le premier temps du propos de Valéry semblait nous orienter dans cette direction. Il était susceptible, on vient de le montrer, aussi bien d'une lecture « noire » que d'une lecture plus optimiste. Il tentait en tout cas de désigner l'amour comme un processus dynamique, imprévisible jusque dans les analyses qu'il invite à produire, et donnait à voir des évolutions et des enchaînements (du premier au deuxième temps, puis du deuxième au troisième) qui s'opèrent sur le mode de glissements imperceptibles, qui ouvrent chaque fois vers des directions entièrement nouvelles, et imposent lentement, progressivement, une lecture soucieuse de démystifier le sentiment amoureux (pouvait-on dire en cas d'accord avec le propos de Valéry), ou visant à en proposer une lecture noire et tourmentée (comme on pouvait l'affirmer en cas de désaccord).

Bien évidemment aucune des deux postures, accord ou désaccord, noirceur ou optimisme, n'était à privilégier par rapport à l'autre, le jury attendant simplement des candidats qu'ils expriment une position soutenue par une lecture fine des textes, face à un sujet avec lequel il fallait accepter de dialoguer afin d'en appréhender le plus grand nombre d'aspects possible.

### **L'organisation du devoir, sa rédaction**

#### ***A – Présentation matérielle de la copie***

Trop de copies, cette année encore, sont marquées par des déséquilibres (peut-être en raison d'un problème de gestion du temps). L'introduction, parfois obèse, peut occuper jusqu'à trois pages, et commencer déjà à répondre partiellement, voire totalement, au sujet, rendant inutile la suite. Avec ces introductions disproportionnées par rapport au développement qui suit, tout se passe comme si certains candidats considéraient que les termes du sujet ne devaient être interrogés et analysés que dans l'introduction; comme si donc le développement était dispensé de les prendre en charge et de continuer à les questionner. Inversement, beaucoup de devoirs entrent dans le sujet de manière abrupte, sans justification ni ouverture préalable. La citation n'est pas reprise, ou alors le candidat y fait allusion sans la présenter et évoque son contenu par une formule vague telle que « dans ce texte », « dans cet extrait », « dans ce sujet ».

De trop nombreuses copies omettent de distinguer clairement les parties et sous-parties par de nets retraits. Les candidats sont donc invités à construire et à structurer leur réflexion de sorte que l'organisation apparaisse au premier coup d'œil. Les transitions entre les grandes parties du raisonnement sont également essentielles. Les candidats doivent veiller à construire des transitions soignées, et ne peuvent pas se contenter d'annoncer par exemple qu'ils vont maintenant « passer à la deuxième partie »

Rappeler précisément, au début de chaque partie, la perspective développée dans celle-ci peut se révéler judicieux et profitable. Cela permet d'une part un gain de clarté lorsque le plan n'a pas été clairement annoncé à la fin de l'introduction, cela rend d'autre part le raisonnement plus agréable à suivre grâce à ces repères régulièrement donnés au correcteur.

On ne saurait suffisamment recommander aux candidats, dans un souci de propreté, de correction vis-à-vis des correcteurs et de valorisation de leur pensée, de veiller à la lisibilité de leur écriture et à la qualité de la présentation de leurs copies : privilégier la plume ou le feutre, une encre sombre (le noir de préférence), ne pas abuser de l'effaceur ni du « blanc », veiller aux alinéas et à la confection des paragraphes, ne pas sauter abusivement de lignes et s'assurer d'une vision générale de la structure de la dissertation avant même sa lecture par les correcteurs. Et ce d'autant plus que la présentation même de la copie est souvent surprenante : le correcteur est parfois confronté à une série de paragraphes isolés, séparés par une ou plusieurs lignes, sans lien entre eux, ni linguistique ni notionnel. Les transitions paraissent souvent maladroitement, quand elles existent, et la progression en grandes unités, qui n'est pas liée à une avancée de la pensée semble, le plus souvent, dépendre de la fantaisie de l'instant ou du sentiment qu'il faudrait passer une ligne pour aérer un peu l'ensemble... Autant d'erreurs à éviter donc.

En revanche, les copies suffisamment développées, bien écrites, c'est-à-dire dotées d'une écriture formée, lisible, d'une orthographe et d'une syntaxe convenables, suffisamment illustrées par des exemples et des références précis et commentés, reprenant régulièrement les termes du sujet pour mieux en affiner l'interprétation, répondant par étapes justifiées à la problématique choisie, n'ayant pas fait d'erreurs graves d'interprétation du sujet et appuyées sur des références fréquentes aux œuvres du programme ont évidemment été valorisées.

### ***B - Références aux œuvres***

On attirera également l'attention sur la manière d'utiliser les œuvres au programme dans le cadre du raisonnement. L'usage des citations de la part des candidats doit se faire de façon intelligente : une copie peut toujours se contenter d'une référence précise à un passage, même si son auteur est incapable de le citer littéralement, si c'est pour le commenter personnellement et efficacement. Toute évocation d'une œuvre doit être transformée en illustration d'un argument ; les ouvrages doivent être mis au service de la pensée singulière proposée par le sujet. Cela implique non seulement d'évoquer tel ou tel passage, mais aussi de prouver en quoi cette évocation fait sens par rapport à ce que l'on veut démontrer, ce qui suppose un travail d'adaptation des connaissances du candidat à la spécificité du sujet proposé. Remarquons cependant que, si le recours aux œuvres est variable, les copies où les œuvres ne sont pas citées et ne constituent pas le corps du propos sont heureusement rares. En revanche, les effets de répétition demeurent assez forts, avec l'utilisation des mêmes références ou passages pour illustrer les différentes idées, ou le recours à des œuvres mises au programme l'année précédente (dont l'évocation dissimule bien mal la méconnaissance des textes sur lesquels le candidat était censé avoir travaillé).

### ***C - Langue, expression***

Rappelons que « *ce qui se conçoit bien s'énonce clairement/ et les mots pour le dire arrivent aisément* ». Les mots ont un sens ; le contexte est porteur de sens également. Trop de

candidats s'autorisent encore une pensée approximative et réduisent les notions à quelques schémas bien pauvres. Il est vivement recommandé de travailler en s'interrogeant sur les subtilités, les nuances, les connotations, la polysémie des mots présents dans le sujet. Il faut donc également les faire entrer en résonance, car ils prennent sens les uns par rapport aux autres.

On déplore cette année encore les lourdeurs d'expression provenant d'une utilisation de tours empruntés à l'oral. La syntaxe des copies est souvent défectueuse : nombreuses fautes sur les interrogatives (« Est-ce que la connaissance de l'autre *nuirait-elle* (sic) à l'amour ? », « nous nous demanderons *si un amour peut-il* (sic) persister malgré le manque de mystère »), absence de verbe principal, confusion entre « que » et « dont » ; erreurs de conjugaison ; phrases confuses ou inachevées. L'orthographe des noms propres est également malmenée, et il n'est pas rare d'entendre parler de « Cendrino », de « Tityana », de la « San Sévérina », d'« O. Wylde », etc. Les barbarismes sont fréquents (la « désirabilité » d'un protagoniste de l'action ; l'aspect « protectif » de l'amour ; les sentiments qu'inspire « l'être » aimé ; Lysandre qui subit un « ensucage » ; la « sommalisation » du corps des personnages dans les œuvres)

On ne peut, enfin, qu'être surpris par le fait que des étudiants ayant travaillé une année entière sur le thème de « l'amour » ignorent que ce mot est masculin au singulier et féminin au pluriel, et confondent le philtre d'amour avec un filtre à café, ou le suc de la pensée d'amour avec un sucre.

### **Conseils aux candidats, bilan, 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 (amour de l'inconnu dans certains cas / amour du connu dans d'autres). 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 chacune et 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 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. Mais 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 l'affirmation de P. Valéry.

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 maladresses 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 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 » !





## 7. LANGUES VIVANTES

L'épreuve de langues vivantes a une durée de 1h30. Elle se compose d'un thème (littéraire ou journalistique), noté sur 8 points, puis de deux exercices d'expression prenant, très souvent, un article de presse comme point de départ. La première question, dite de synthèse, vise à vérifier la compréhension du texte selon un axe précis, elle est notée sur 4 points. La seconde, d'expression personnelle, notée sur 8 points, a pour but d'évaluer la capacité des candidats à structurer leur réflexion en s'appuyant sur des exemples dans une langue correcte et nuancée.

Rappels des consignes et attentes du jury.

### 1. Thème

Il permet de vérifier que le candidat maîtrise les bases grammaticales, syntaxiques et lexicales et est capable de produire un texte intelligible complet dans la langue cible sans déformer ou interpréter le texte de départ.

### 2. Question de synthèse

Elle vise à s'assurer que le candidat a bien compris l'article et est capable de sélectionner avec pertinence les éléments qui répondent à la question, en les remaniant au besoin pour des raisons de clarté, et sans paraphrase. Le nombre de mots est limité à 80 mots +/- 10%.

### 3. Question d'expression personnelle

Sortant du cadre de l'article qui sert de point de départ, la question appelle une analyse préliminaire des termes clés au brouillon afin que le candidat puisse proposer une réflexion personnelle rigoureuse et construite, nécessairement étayée par des exemples dans une langue authentique. Une phrase de contextualisation efficace est attendue, suivie d'une reformulation de la question et d'une argumentation solide permettant au candidat de se prononcer. Tout plan passe-partout est exclu, au même titre que la réutilisation des arguments du texte. L'annonce de plan est inutile, et le nombre de mots 180 +/- 10%, ne permet guère plus de deux parties.

## 7.1. Anglais

Sujet 2019.

### 1. Thème

Le sujet proposé était un extrait d'un article de presse. Sa nature scientifique permettait de vérifier que de futurs ingénieurs maîtrisent un lexique a priori familier ("chercheur", "communauté scientifique", "équipe", "article savant", "astéroïde", "comète", "sonde", "extraterrestres", "système solaire", "critiquer", etc.).

Par ailleurs, des termes comme "suggérer", "automne", "messenger", "longueur", "largeur", "estimer", "cigare", "traquer", "exotique", "scénario" ne semblaient pas relever d'un lexique rare. Ils ont cependant constitué une difficulté pour certains candidats, ce qui a permis aux autres de se démarquer, souvent nettement.

Au plan grammatical, les temps et leur construction, la différence entre la voix active et la voix passive, la modalité dans un contexte passé, les prépositions, la détermination, les génitifs abusifs, la place des mots ont donné lieu à des erreurs, des contresens, voire des non-sens.

Les stratégies d'évitement des difficultés, qui ont résulté dans de longues phrases maladroites et approximatives, ne sont guère payantes. Les calques du français (syntactiques ou lexicaux) ont produit des barbarismes, ou des termes impropres qui ne témoignaient pas d'une familiarité avec l'anglais.

De très nombreux candidats ont su tirer leur épingle du jeu en proposant une traduction fluide, dans le respect des règles de grammaire et en prenant la peine de réutiliser des expressions idiomatiques à bon escient.

## 2. Question de synthèse

Elle a souvent été mal lue ou mal interprétée, donnant des réponses lacunaires ou fantaisistes. La question "How was the painting created?" suppose que les candidats sélectionnent dans l'article les éléments qui apportent véritablement une réponse en laissant de côté ceux qui n'ont aucun rapport avec la question et en évitant soigneusement des réponses subjectives. Il était pertinent de répondre en mentionnant le fonctionnement des deux programmes, leur nom, l'existence de la base de données parcourant les siècles, et la condition requise pour que le résultat soit imprimé.

Rédiger une introduction ou une conclusion, parsemer sa réponse d'expressions comme "*according to the journalist*" ne correspondent pas aux attentes de l'épreuve. Les candidats sont censés ne fournir que des éléments proposés par le journaliste, entrer dans le vif du sujet en évitant les redites est donc un gage d'efficacité.

La mention "in your own words" dans le libellé exclut explicitement paraphrase et copier/coller.

## 3. Question d'expression personnelle

*What impact do you think AI is likely to have on art and culture (painting, sculpture, music, cinema, literature, music, etc.)? (180 words +/-10%).*

La question portant sur l'impact de l'intelligence artificielle dans le domaine artistique, elle contraignait les candidats à bien cerner les enjeux, et empêchait a priori de recycler des réponses toutes faites.

Une analyse des termes permettait d'éviter de confondre intelligence artificielle et technologies, ou de proposer un historique de l'automatisation des tâches dans le monde du travail comme fin en soi. Elle contraignait à s'interroger sur les spécificités de la création artistique telle qu'elle a prévalu à ce jour.

## Conclusions

La durée de l'épreuve et son format obligent les candidats à être clairs et concis : une phrase d'accroche, la reformulation de la question, la structuration rigoureuse de la réponse et le choix des illustrations constituent autant d'éléments impératifs.

Un essai appelle une prise de position, non un plan binaire sur les avantages et inconvénients, ou encore, dans le cas présent, une partie sur l'intelligence artificielle et une autre sur l'art. L'utilisation réitérée, parfois abusive, de "*I think*" n'est pas le garant d'une prise de position, plus subtilement révélée dans un très grand nombre d'excellentes copies par un développement structuré et illustré avec pertinence.

Par ailleurs, improviser sur la copie est risqué : écrire au fil de la plume se solde par une absence de structuration du propos, et souvent d'illustrations, que le sujet imposait.

La question d'essai a permis de valoriser les candidats qui, au long cours, avaient préparé l'épreuve, en connaissaient les attentes, et ont su, souvent avec brio, structurer leur pensée et produire un essai riche.

De nombreux plans ont articulé logique et chronologique en mobilisant des exemples précis ; ils témoignaient de connaissances solides sur l'intelligence artificielle et d'un intérêt manifeste pour l'art.

En dernier lieu, la présentation des copies doit être améliorée. La numérisation rend difficile la lecture d'une encre bleu pâle. Le peu de soin apporté à la présentation par certains candidats nuit considérablement à la lisibilité de leur travail. La mention du nombre de mots utilisés est attendue.

Le jury tient à féliciter les nombreux candidats dont les copies témoignent qu'ils ont une familiarité certaine avec la presse anglo-saxonne et la pratique du thème. Ils ont par ailleurs de toute évidence consacré du temps à la préparation de l'épreuve en amont, qu'il s'agisse de trier les informations pertinentes en synthèse, ou de proposer une réflexion personnelle rigoureuse dans une langue de qualité en essai.



## 7.2. Allemand

### Remarques générales

Le jury a pu constater que, dans l'ensemble, les candidats ont montré, cette année encore, un bon voire un excellent niveau en allemand et tient à féliciter l'ensemble des candidats pour leurs efforts. La quasi-totalité des copies ont traité aussi bien le thème que les questions d'expression écrite. Les candidats ont donc choisi l'allemand à bon escient et sont à féliciter pour leur niveau.

Ceci dit, on a dû constater aussi, assez souvent, un manque de soin concernant la qualité de la copie dans sa qualité de document manuscrit. En effet, de plus en plus de copies comportent un nombre croissant de ratures qui peuvent rendre un texte difficile à lire ou à déchiffrer, et ce même dans de bonnes copies. Or, les candidats ont un intérêt certain à se préoccuper du confort de lecture du jury. A méditer.

### Expression écrite

Le texte support pour l'expression écrite était cette année un extrait du journal *Die Welt* ([www.welt.de](http://www.welt.de)) à propos des progrès dans le domaine de l'intelligence artificielle et du chômage qui risque d'en découler et qui peut rendre nécessaire des réflexions à propos du revenu universel.

La première question focalisait sur le revenu universel (« *Selon cet article, l'introduction du revenu universel est-elle imaginable ?* ») et demandait une réponse en 80 mots  $\pm$  10%.

Généralement, cette question a été convenablement traitée.

La deuxième question invitait les candidats à exprimer leurs propres idées en 180 mots  $\pm$  10% (« *Pouvez-vous vous imaginer une société où les Hommes ne travailleraient pas ?* »).

Dans l'ensemble, les candidats se sont bien sortis dans le traitement de cette tâche également.

Un conseil aux futurs candidats : utilisez l'expression écrite pour montrer au jury – outre votre aptitude à argumenter – la richesse de votre vocabulaire, votre aisance à construire tout type de phrase, à utiliser différents temps et modes, les auxiliaires de mode, la voix passive, les argumentatifs... c'est en effet l'ensemble de ces éléments qui déterminera votre note.

### Le thème

Le thème est généralement un texte littéraire simple qui concerne une situation du quotidien. La meilleure manière de s'y préparer est donc d'être très attentif à la manière d'exprimer les choses du quotidien dans les deux langues.

Dans l'ensemble, les candidats ont assez bien traduit le texte proposé cette année.

Cependant, le jury a noté une imprécision notable quant à des formes verbales pourtant simples, comme par exemple concernant les verbes *laden*, *lachen*, *antworten* et l'ensemble des auxiliaires de mode, mais aussi des erreurs concernant la place du volet conjugué du groupe verbal dans la phrase – notamment aussi avec les auxiliaires de mode – et l'utilisation incorrect du *zu* dans les phrases avec auxiliaire de mode, donc une confusion avec la proposition infinitive. Pour mieux illustrer les attentes, voici une copie type.

## Copie type

### Expression écrite

1. Die fortschreitende Entwicklung künstlicher Intelligenz ermöglicht es zunehmend, auch in akademischen Bereichen Arbeitnehmer durch Maschinen zu ersetzen. Diese seien dem Menschen bei zahlreichen Aufgaben überlegen. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten, werden Unternehmen diese Vorteile irgendwann nutzen müssen. Arbeiter können sich zwar teilweise den neuen Anforderungen des Arbeitsmarktes anpassen, dennoch werden viele Arbeitsplätze verschwinden.

Deshalb sei die Einführung eines bedingungslosen Grundeinkommens nötig. Dieses schütze den Einzelbürger vor Armut und ermögliche es ihm, mehr Zeit seiner Familie zu widmen, sowie sich durch selbstbestimmte Arbeit selbst zu verwirklichen. (85)

2. Dass Maschinen sich in immer mehr Lebensbereiche einbringen lassen und durch stete Optimierung bessere Leistungen als Menschen erbringen, ist unbestritten. Die langfristigen finanziellen Vorteile für Firmen sind also verlockend. Deshalb liegt es nahe, dass die Anzahl angebotener Arbeitsplätze in vielen Bereichen drastisch schrumpfen wird. Das Grundeinkommen erscheint als ideale Lösung um die Millionen neuer Arbeitsloser vor Armut zu bewahren. Doch was so utopisch klingt, ist oft zu schön, um wahr zu sein. Zunächst kommt die entscheidende Frage der Finanzierung auf, denn weniger Erwerbstätige zahlen insgesamt auch weniger Steuern. Wie soll der Staat dann das Geld aufbringen, die Lebenshaltungskosten eines jeden einzelnen Bürgers zu gewährleisten? Natürlich verschafft die Digitalisierung den Unternehmen neue Perspektiven um ihre Umsätze zu steigern. Man könnte also dazu verleitet werden, die fehlenden Mittel dort zu suchen. Doch ein zu hoher Steuersatz für Firmen würde nur die ohnehin bestehende Versuchung verstärken, ihren Sitz ins Ausland zu verlegen. Was bliebe dem Staat dann?

Außerdem gilt es zu bedenken, dass die meisten Menschen einen Antrieb brauchen, um Leistung zu erbringen. Leider ist dieser vielen allein das Geld. Nur die wenigsten würden noch arbeiten, wenn sie für das Nichtstun bezahlt würden. Deshalb ist das Grundeinkommen meines Erachtens nicht umsetzbar. (196)

### Thème

*La narratrice s'occupe de Mieko Ogawa, une petite Japonaise à qui elle apprend le français...*

*(Ces indications ne sont pas à traduire !)*

Frau Ogawa sitzt nun allein auf dem Sofa. Sie bittet mich mich zu ihr zu setzen (...), befragt mich zum Ausflug nach Disneyland. Ich verschönere das Einverständnis zwischen Mieko und mir ein wenig.

- Sie ist ein kleines Mädchen, das gern allein ist, sagt sie schließlich. Es freut mich, dass sie Sie mag.

Ich lächle höflich.

- Was denken Sie über ihr Niveau?

- Es ist gut.

Warum sie nicht einen ihrer Studenten gebeten habe, ihr Nachhilfe zu geben?

- Ich unterrichte Literatur, nicht Sprache, antwortet Frau Ogawa. Mit meinen Studenten wäre es sowieso zu kompliziert, verstehen Sie: dass sie zu mir nach Hause kommen.  
Ja, natürlich.

Nun ja.

Mit einem kleinen Lächeln:

- Ja, und dann war es die Gelegenheit Sie kennen zu lernen. Ich möchte Mieko später in die Schweiz schicken, aufs Gymnasium.

Sie sagt, sie sei dort zur Schule gegangen.

Sie habe diesen Abschnitt ihres Lebens außerordentlich genossen.

- Haben Sie *Heidi* gelesen?, fragt sie mich, während sie ihren Blick suchend über ihr Bücherbord schweifen lässt.

Elisa Shua Dusapin, *Les Billes du Pachinko*, 2018, Éditions Zoé, pages 46-47

## Conclusion

Sur un plan plus général, nous conseillons aux candidats l'utilisation des ressources accessibles par internet pour entretenir régulièrement leur niveau en langue étrangère. Lisez la presse sur des sites comme [www.welt.de](http://www.welt.de) , [www.sueddeutsche.de](http://www.sueddeutsche.de) , [www.derstandard.at](http://www.derstandard.at) , [www.nzz.ch](http://www.nzz.ch) , [www.profil.at](http://www.profil.at) , [www.faz.net](http://www.faz.net) , [www.spiegel.de](http://www.spiegel.de) , regardez de temps en temps [www.heute.de](http://www.heute.de) ou [www.tagesschau.de](http://www.tagesschau.de) et utilisez l'ensemble des ressources disponibles sur [www.dw.de](http://www.dw.de) !



### 7.3. Espagnol

#### Remarques générales

L'épreuve écrite d'espagnol se décline en trois parties. Le thème permet d'évaluer la capacité du candidat à traduire un texte français en espagnol. La maîtrise de la conjugaison, de la syntaxe et du lexique est centrale dans cet exercice. Par la suite, la première question est l'occasion pour le candidat de montrer qu'il a compris les tenants et les aboutissants de l'article. Enfin, la deuxième question invite le candidat à construire un raisonnement problématisé pour répondre à une interrogation plus globale, où il peut apporter des connaissances qui viennent étayer sa réflexion et servir son propos.

#### Thème

De nombreuses copies ont révélé des qualités de traduction chez les candidats et une connaissance grammaticale et syntaxique solide. Cependant, d'autres copies présentent des confusions entre les temps (un subjonctif imparfait au lieu d'un conditionnel) : « *la rutina volviera a empezar* » au lieu de « *volvería* », des difficultés à traduire le plus-que-parfait « il y avait eu » avec des barbarismes comme « *había ido* » au lieu de « *había habido* ». Plus grave, l'imparfait n'est pas toujours maîtrisé et on trouve « *me prepararía* » pour « *me preparaba* ».

D'un point de vue syntaxique, le candidat devait faire attention à la traduction du démonstratif « cette année-là » en la traduisant par « *aquel año* » ou « *ese año* » mais pas par « *este año* », le récit étant au passé. La préposition « *a* » dans une phrase présentant un mouvement était également importante : « *llegaba al instituto* » et non « *en* ». Il était essentiel de ne pas oublier qu'on exprime la durée avec « *desde hace* ».

La difficulté à traduire du vocabulaire simple tel que « *la découverte* », « *l'emploi du temps* », « *les couloirs* », « *la fille aînée* », « *il faisait bon* », « *rues piétonnes* » est souvent revenue dans les copies et a été sanctionnée.

Enfin, nous signalons que les accents ne sont pas optionnels et que leur absence peut mener à un non-sens : « *hacia* » au lieu de « *hacía* ».

#### Essai

La question 1 invitait le candidat à analyser le rôle de l'individu au sein des projets menés dans le documentaire pour sauver la planète. Il s'agissait de montrer que n'importe quel citoyen pouvait, grâce à de la volonté et une bonne idée, agir directement sur son environnement. La simplicité des projets et la diversité des milieux sociaux représentés par les personnes menant les actions étaient le point central du documentaire. Il était important de ne pas paraphraser l'article.

La question 2 prenait plus de distance par rapport à l'article et demandait si ces mesures étaient suffisantes pour avoir un effet véritable sur la planète. Il fallait ici sortir de la sphère individuelle et développer une réflexion sur le rôle des États, des grandes entreprises ainsi que des organisations non gouvernementales et analyser les liens entre ces différents groupes pour suivre des objectifs mondiaux communs. Certaines copies ont mené une véritable réflexion nourrie d'exemples concrets (la COP21, les accords de Paris, les dirigeants climato-sceptiques, la difficulté des pays en voie de développement à faire de l'écologie une

priorité, les objectifs économiques de production des grandes entreprises) et ont réussi à dessiner le réseau de pouvoir et de responsabilité de chaque entité.

La connaissance du vocabulaire lié à l'écologie a été appréciée ainsi que la construction d'un raisonnement problématisé et de références à l'actualité. Finalement, même si les initiatives individuelles ne sont pas suffisantes, elles ne constituent pas moins le point de départ d'un changement de mentalité et d'évolutions juridiques qui auront des effets dans la vie de chacun.

## 7.4. Arabe

### Remarques générales

Le jury estime que l'épreuve dans son ensemble a été, cette année comme l'année précédente, bien réussie pour une assez grande majorité des candidats, lesquels ont témoigné d'une bonne maîtrise de la langue et notamment d'une précision lexicale appréciée. Cependant, un certain nombre de candidats ne semblent pas avoir été suffisamment préparés à cette épreuve, d'où les difficultés à exécuter la totalité de l'épreuve dans le temps imparti. Par ailleurs, certains candidats n'ont pas été assez conscients que la performance attendue ne se limite pas à une bonne maîtrise de la langue, mais exige un bon entraînement 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.

### Expression écrite

#### Question 1.

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 totalement. 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 la crise que connaît l'opposition dans le monde arabe. 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. 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.

#### Question 2.

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.

La question posée cette année invitait les candidats à justifier la nécessité de l'opposition politique dans le monde arabe. Beaucoup se sont limités à un seul argument selon lequel le rôle de l'opposition est de se dresser contre le monopole du pouvoir ; d'autres l'ont réduite au rôle de contestation politique. Le jury déplore dans ces copies le manque de recul et du sens de la nuance, car on attendait des candidats une réflexion plus approfondie et plus aboutie sur l'opposition comme contre-pouvoir visant à empêcher les atteintes aux droits fondamentaux, mais aussi comme possibilité d'une alternance politique, garantie du

pluralisme, renouvellement de la vie politique, que ce soit sur le plan des idées ou des personnes, et facteur favorisant l'émergence de la démocratie.

Sur ce point, le jury invite les candidats à procéder à une analyse serrée et rigoureuse de l'énoncé pour éviter les réponses simplistes ou bancales et par là même insuffisantes. 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.

## Thème

L'extrait proposé cette année était tiré du roman de Hadi Kadour, *Les prépondérants*, paru chez Gallimard en 2015. Le jury a constaté que le niveau de français de beaucoup de candidats laisse à désirer, ce qui explique certainement le nombre important de traductions partielles, voire lacunaires, 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 diabète : داء السكري traduit par « الشيطان » alors que c'est une maladie fréquente dans le monde arabe, mot que l'on est donc 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 :

- a- la traduction qui confine au calque (exemple : « devant la tête de son oncle » traduit par أمام رأس عمها alors que le sens du mot « tête » ici doit être associé à l'étonnement voire à la stupéfaction اندهاش أو ذهول ou au non-sens (« qui passait pour un athée » traduit par مَرّ « الذي كان يعدّ ملحدًا » au lieu « ليشرب الشاي »);
- b- la lecture hâtive à cause de laquelle certains candidats ont pris un terme pour un autre (les lettrés : الأدباء qui s'est transformé en « lettres : الحروف » ; « ses malles : حقائبها » en « ses mains : يداها »);
- c- une mauvaise compréhension du texte qui a conduit la quasi-totalité des candidats à commettre un contresens, à quelques exceptions près, comme en témoigne le passage suivant : « Il fit ouvrir les malles de sa nièce » traduit par : افتح حقائب ابنة أخيه au lieu de أمر بفتح حقائب ابنة أخيه.

Enfin, des fautes d'orthographe et de grammaire, au grand dam du jury, ont été constatées, même dans de très bonnes copies telles que بنت / ابنة أخيه au lieu de ابنة أخوه / ابنت أخيه .

On ne redira jamais assez que 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.



## 7.5. Russe

### Remarques générales

Rappelons les modalités de l'épreuve écrite de Langue Vivante. Pour le russe, comme pour les autres langues, elle est composée de deux activités distinctes. D'abord, il s'agit de l'expression écrite, 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 d'un roman ou essai contemporains, d'un article de presse. Cet extrait est généralement d'une longueur variant de 150 à 200 mots et compte 40% pour la note finale.

### Remarques particulières

#### Expression écrite

A la session 2019, le texte de l'épreuve d'expression écrite a été extrait du journal russe *Moskovski Komsomolets* du 29.10.2017. Le sujet abordé portait sur l'emploi des jeunes diplômés et les demandes du marché du travail en Russie. Le vocabulaire et la grammaire de cet article ne présentaient pas de difficultés particulières. Le sujet relevait d'une thématique accessible et conforme au programme.

En répondant à la première question, le candidat devait dire avec ses propres mots ce qu'il a appris dans le texte. Il n'était surtout pas demandé de donner son avis personnel ou de se référer à des informations autres que proposées dans l'article. La majorité des candidats ont bien compris la question et le texte, et ont répondu conformément à la règle. Ceux qui ont cité des fragments du texte, en revanche, n'ont pas respecté la consigne.

La deuxième question (« Faut-il en choisissant sa filière d'études tenir compte du marché du travail ? ») 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 russe devaient étoffer le propos du candidat. Dans ce genre d'exercice, il importe de proposer une argumentation structurée, avec une brève conclusion. Or, certains candidats ont failli à cette règle en négligeant la construction de leur réponse.

#### Thème

La traduction du français vers le russe portait sur un article du *Figaro* consacré à l'écrivain André Makine. La première difficulté de ce texte consistait à bien comprendre le contexte de la publication, à savoir l'élection de Makine à l'Académie française, présentée comme suit :

*Andrei Makine cherchait l'éternel, il est devenu Immortel. (...) L'écrivain russe a été élu au fauteuil de l'Algérienne Assia Djebar, disparue en février 2015.*

Le caractère de l'élection n'était pas formellement indiqué, mais pouvait être découvert grâce aux éléments tels qu' « Immortel » et « élu au fauteuil ». Leur traduction supposait un certain degré de connaissance des institutions françaises, ce qui n'a pas été le cas de tous les candidats. Il s'en est suivi des maladroites du type : *выбран на кресле, назначен на пост* ou même *назначен директором*, alors qu'il fallait traduire simplement *избран вместо... Аси Джеббар / занял место ... Аси Джеббар*.

Dans plusieurs copies, cette première erreur de compréhension a entraîné une autre, non moins fâcheuse. Le groupe « disparue en février... » ne devait surtout pas être traduit à la lettre par *исчезнувшей в феврале ...*, mais par *умершей / скончавшейся в феврале ...* puisque l'élection à l'Académie est toujours organisée après la mort d'un titulaire.

Voici d'autres éléments du texte qui ont présenté des difficultés :

- « l'Algérienne Assia Djebar » : *алжирка Ася Джеббар*. Il s'agit de connaître et de bien employer les noms des nationalités les plus courants, au masculin et au féminin.
- « en février 2015 ». La traduction des dates comportant l'indication de l'année implique toujours l'emploi du mot *год*: *в феврале две тысячи пятнадцатого года*.
- « Fin héritier de Tolstoï et de Proust ». Le mot « héritier » pouvait être traduit ici par *последователь, наследник* et une épithète, choisie en conséquence : *искусный, талантливый, проницательный*. Le nom de famille Tolstoï se décline selon le modèle adjectival : *талантливый последователь Толстого*.
- « le romancier sibérien est un amoureux du français... » Le mot « romancier » ne signifie pas « auteur romantique » et ne doit pas être traduit par *романтик*, mais par *романист, писатель*. « Le français », quand il s'agit de la langue, équivaut à *французский язык*: *сибирский писатель влюблен во французский язык*.
- « Cette langue, je l'ai entendue dès mon enfance ... » Les phrases françaises de ce type, dites clivées, sont plus naturelles en traduction si l'on omet le pronom « le » : *Этот язык я слышал с самого детства*.
- L'expression « venir de la bouche de » se traduit par : *исходить из уст*. Mais il était parfaitement possible de faire une périphrase et de dire : *на нем говорила моя бабушка*.
- « Le français m'a toujours baigné ». Beaucoup de candidats ont bien senti qu'il fallait éviter le mot-à-mot et traduire « a baigné » par *окружал*.
- « Je considère, à juste titre, le français comme la langue grand-maternelle ». L'expression « à juste titre » a pour équivalents *по праву, с полным основанием*. Quant au jeu de mots « langue grand-maternelle », sa traduction, contrairement aux apparences, ne présentait pas de difficulté à condition de maîtriser l'emploi des adjectifs d'appartenance du type *мамин, бабушкин*: *Я по праву считаю французский язык « бабушкиным языком » / языком моей бабушки*. Il était également possible de dire ... *родным языком* en insistant davantage sur le sens « langue natale ».

- « Dans la lignée des auteurs russes de la fin du XIXe siècle ». La solution la plus simple et naturelle de traduire l'expression « dans la lignée » était de reformuler la phrase en employant la conjonction *как* ou *подобно* : *Как русские писатели / Подобно русским писателям конца XIX-го века ...*
- « ... auteurs (...) qui apprenaient avec passion les subtilités de la langue de Molière, Andreï Makine concilie avec finesse son passé sibérien à la culture française ». Ici, il fallait éviter de traduire « subtilités » et « avec finesse » avec des mots de la même racine (*тонкости, тонко*) en recourant, dans l'un des deux cas, à un synonyme : *тонко* → *искусно*. Le verbe *concilier* devait être traduit par *связывает, соединяет*. Voici une traduction possible de l'ensemble de la phrase : *Как русские писатели конца XIX-го века, которые с увлечением постигали тонкости языка Мольера, Андрей Макин искусно соединяет свое сибирское прошлое с французской культурой.*

Le jury a apprécié particulièrement les candidats qui n'ont pas traduit le texte mot à mot et pris le risque de faire preuve de recherche et de créativité. En effet, 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.

### Conseils

Il importe 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.



## 7.6. Italien

### Observations sur la session 2019

Pour les deux exercices, les sujets de la session 2019 entaient les suivants :

- Le **thème** proposé entait un extrait d'une œuvre de Isabelle Autissier, intitulée : « Soudain, seuls », publiée en 2015.

Le texte permet d'évaluer l'acquisition d'un certain nombre de points de grammaire courants, tant au niveau morphologique que syntaxique. On relèvera notamment la forme progressive, la tournure impersonnelle, l'hypothèse ainsi que le futur dans le passé.

Au niveau morphosyntaxique, les structures verbales sont variées, les verbes sont généralement au présent de l'indicatif, mais il y a également quelques formes verbales plus élaborées comme le conditionnel passé et le plus-que-parfait du subjonctif.

Au niveau lexical, les termes courants ne devaient pas poser de problèmes aux candidats notamment le lexique concernant la nature (nuage, ile, lac), le voyage (aventure, bateau), celui concernant les émotions et états d'âme (inquiétude, impatience, tracassin, torpeur, violence, mollesse, regret), des adjectifs simples (seul, formidable, confortable, parisien, conciliant, sec) et des verbes plus ou moins courants (rentrer, arriver, percer, entamer, s'assombrir, engloutir).

- Pour la partie « **Expression Écrite** », les candidats entaient invites à réfléchir sur un article de Marco Bolino, « A Pisciotta si adottano ulivi secolari », publié le 25 juin 2018 dans le *Corriere del Mezzogiorno*. Le journaliste fait ici la promotion du tourisme rural, tout particulièrement de l'huile d'olive biologique italienne. Les touristes peuvent adopter un olivier : ils vont pouvoir à la fois renouer avec la nature et se ressourcer. Pour tisser des liens entre l'homme et la plante, un rite est nécessaire. Le propriétaire des lieux, ici Fiorenzo Avallon, un agriculteur d'huile d'olive biologique, sacre ce moment solennel par la pose d'une plaquette placée au pied de l'olivier. Ce geste symbolise le « contrat » entre les deux parties. L'engagement pris par le parrain va lui permettre de visiter gratuitement l'oliveraie et de travailler dans la propriété en apprenant les techniques ancestrales de la culture de l'huile d'olive. De plus, en cas d'éloignement, il aura la possibilité de suivre sur Whatsapp l'évolution de son olivier.

La seconde question, comme il se doit, propose aux candidats d'argumenter personnellement sur le respect pour l'environnement et le retour à la nature comme seule possibilité pour le futur de l'homme.

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, comme "nuage" au pluriel, traduit par \*nuagi, \*nuvoli, le mot "torpeur" traduit par \*tortura, le mot "regrets" traduit par \*rigretti, le mot "tracassin" par \*tracasto, \*tracasso, \*tracassino, \*baraguino ainsi que le mot "rois" par \*rei. Cela a horrifié le jury.

On a dû regretter la méconnaissance, chez certains candidats, de la traduction de certains verbes. À titre d'exemple, le verbe "engloutir" traduit par \*englutire, \*inglutire, \*inglutotire ou le verbe "sonner" traduit par \*tintare.

Il faut faire attention à l'emploi du pronom relatif sujet "che", aux démonstratifs, aux possessifs aux pronoms COD ainsi qu'aux formes les plus élémentaires de la conjugaison des verbes au présent et à l'imparfait de l'indicatif. Sans parler de l'emploi du subjonctif toujours très employé en langue italienne, à l'écrit comme à l'oral.

Dans quelques copies, ont été sanctionnées également des omissions de traduction parfois 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.

Dans 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, futile 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.

### **Conseils**

À 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.

