

Banque PC inter-Éns – Session 2025
Rapport du jury de l'épreuve écrite Physique–Chimie (5 h)

- **Écoles** : Éns Paris-Saclay ; Éns de Lyon
- **Coefficients** :
 - En pourcentage du total d'admissibilité : Éns Saclay 25,00 % ; Éns de Lyon 25,00 %
 - En pourcentage du total d'admission : Éns Saclay 7,94 % ; Éns de Lyon 8,77 %
- **Membres du jury** :
 - Partie chimie : Thibault FOGERON, Marie LUCAS, Margaux ROUX, Martin VÉROT.
 - Partie physique : Anne-Emmanuelle BADEL, Hervé GAYVALLET, Baptiste PORTELLI, Nicolas TABERLET.

I Présentation de l'épreuve et données statistiques.

Cette épreuve, d'une durée de cinq heures, comprend deux parties. La première, consacrée à la physique, portait sur l'étude d'un canon magnétique. La seconde, dédiée à la chimie, proposait une étude du soudage des aciers. Le sujet de cette épreuve est accessible à l'adresse suivante :

5 https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2025/05/25_pc_suj_phychi_ls.pdf

Cette épreuve, spécifique à l'Éns de Lyon depuis la session 2011, est partagée avec l'Éns Paris-Saclay depuis cette session 2025.

10 Les deux parties, de longueur et de difficulté équivalentes, comptent à parts égales dans la note finale. Nous conseillons aux candidats de ne pas consacrer plus de deux heures et trente minutes à chacune d'elles. Cette recommandation est mentionnée dans le préambule du sujet.

Sur les 1 589 candidats inscrits¹, 1 038 (65 %) se sont présentés à cette épreuve. Les notes attribuées s'évaluaient de 0,20 à 20,00 selon un écart-type de 3,58 et autour d'une moyenne de 9,04. La figure (1) présente leurs distribution et distribution cumulée descendante par intervalle de quatre points.

II Partie physique : Une étude d'un canon magnétique.

15 Cette étude comprend deux parties. La première est consacrée à l'analyse du principe de fonctionnement du canon magnétique. La seconde propose une étude de la propagation de l'onde mécanique le long de la chaîne de billes formant le canon.

II.A Remarques générales.

20 Beaucoup de remarques et de recommandations, bien que déjà mentionnées dans les rapports précédents, nécessitent d'être rappelées.

- Les textes introductifs des parties et sous-parties, ainsi que les tables de données, doivent être lus avec attention. Ils présentent les études proposées (phénomènes en jeu), définissent leur cadre (hypothèses) et fixent les notations. Les premières questions s'y rapportent souvent directement.

1. Candidats autorisés à concourir.

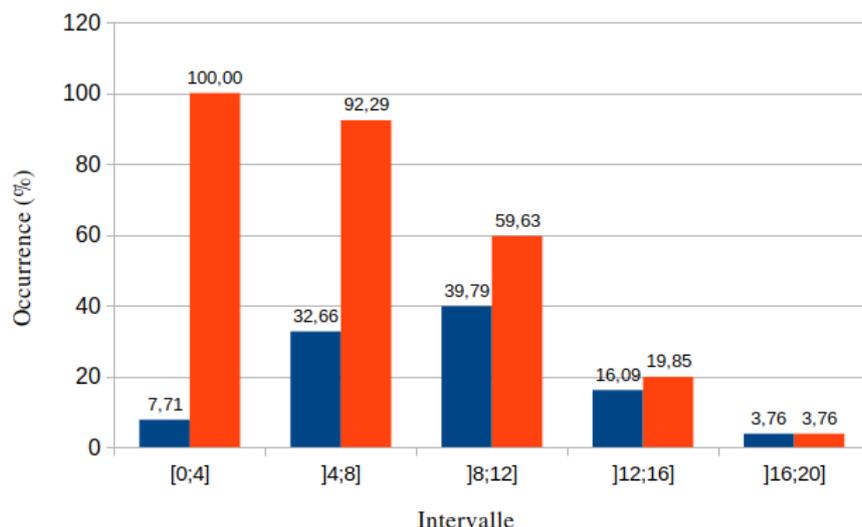


FIGURE 1 – Épreuve écrite PC 2025 Physique-Chimie commune à l'Éns Saclay et l'Éns de Lyon : Distributions relative et cumulée descendante des notes attribuées.

• Certaines copies sont illisibles, rédigées de façon incompréhensible ou dans un style “télégraphiste”, quelquefois sans qu'il n'y figure les numéros des questions. Même avec la meilleure volonté, il est parfois impossible d'en évaluer le contenu.

D'autres se réduisent à une suite de résultats ou d'affirmations. Rappelons qu'un résultat ne vaut que dans la mesure où il découle d'un développement ou qu'il prend appui sur une argumentation. Il doit encore être analysé et commenté, ne serait-ce que très brièvement.

En conclusion, les candidats ne doivent pas sacrifier la qualité de leur rédaction au profit de la quantité de questions abordées. Pour préciser ce point, un résultat donné sans aucune justification n'est généralement pas pris en compte.

• Il est exceptionnel qu'une illustration graphique (courbe ou figure) accompagne un raisonnement ou l'analyse d'un résultat, lorsqu'elle est laissée à l'initiative des candidats. Elle apporte pourtant un éclairage qui peut s'avérer profitable.

Lorsqu'un tracé de fonction est explicitement demandé, les candidats qui lui apportent le soin attendu sont rares. Sans doute ne lui accordent-ils qu'un intérêt mineur. Garder à l'esprit que si un tracé est demandé c'est qu'il présente une utilité, au moins celle d'inciter la réflexion.

• Un résultat, même intermédiaire, gagne toujours à être soumis à des tests de validité (le premier étant celui de la cohérence dimensionnelle). Cette analyse permet de déceler des erreurs et incite à porter un peu d'attention au résultat obtenu.

De même, les résultats des applications numériques doivent être analysés afin de juger de leur recevabilité, au regard de l'étude conduite.

• Nous regrettons que les applications numériques soient souvent boudées. La connaissance des ordres de grandeur en jeu est pourtant indispensable pour mener à bien une étude.

Rappelons que le résultat d'une application numérique se donne avec une puissance de dix *entière*, afin d'en permettre une lecture immédiate. Soulignons, au passage, qu'il doit être accompagné d'une unité.

II.B Remarques détaillées.

Nous reportons, question par question, les remarques que les réponses des candidats nous ont inspirées. Nous mentionnons également les erreurs les plus couramment rencontrées. Certaines peuvent être révélatrices de lacunes ou de difficultés largement partagées.

Dans la suite, les numéros **1** à **30** se rapportent à ceux des questions. Nous ferons parfois référence aux notations, équations et figures de l'énoncé, sans donner davantage de précisions. Il est donc indispensable d'associer la lecture de ce rapport à celle du sujet.

55 1 Caractérisation du canon magnétique.

1. L'essentiel de la mécanique du solide ayant (malheureusement) disparu de la filière PC, dont le théorème de Kœnig, il n'était attendue qu'une argumentation qualitative appuyée sur la composition de deux mouvements.

Quelques candidats ont établi une analogie avec l'énergie interne d'un gaz parfait diatomique et la prise en compte des différents degrés de liberté (nous n'en attendions d'ailleurs pas tant).

Naturellement, il ne fallait pas chercher la justification demandée dans le fait que "les sources de dissipation n'étaient pas prises en compte", ou que "l'aimant accélèrait la bille et donc que son énergie cinétique était plus grande".

2. L'expression littérale de B^* a souvent été interprétée de façon confuse ou non pertinente ("champ caractéristique de l'aimant", "champ autour de l'aimant", "champ magnétique dans l'aimant",...), alors qu'il suffisait simplement de lire la relation donnée. Cette question avait pour seul but d'attribuer une réalité physique à une grandeur qui intervient dans la suite.

Concernant l'application numérique, obtenir une valeur de B^* s'éloignant de plusieurs décades, inférieurement ou supérieurement, de 1 T aurait dû paraître suspecte.

3. L'expression de l'énergie potentielle d'interaction entre un moment magnétique et un champ magnétique, rappelée dans l'énoncé, a souvent été mal utilisée. La double dépendance en $1/r^3$ a parfois été oubliée, ce qui a conduit à une dépendance en $1/r^3$ et non en $1/r^6$ de l'énergie (d'autres formes de dépendance, étonnantes, ont été également trouvées, y compris des formes linéaire et quadratique...). Certains candidats ont très justement souligné l'analogie avec l'interaction de VAN DER WAALS.

Il est apparu que le changement de variable $X = x/a$ a posé problème à quelques candidats. D'autres ont considéré que a était le rayon des billes. C'est une erreur mineure mais qui a des répercussions sur la suite.

4. La réponse à cette question a été bâclée par la majeure partie des candidats. Il a été exceptionnel de lui attribuer la totalité des points. L'erreur de signe a été la plus fréquente, et la plus grave dans la mesure où l'interaction apparaissait alors répulsive.

La variable X étant algébrique, il importe de ne pas restreindre le tracé du profil au seul domaine $X \geq 0$.

Rappelons qu'il convient d'indiquer le sens des axes, leur origine et les grandeurs qu'ils portent. Ici, il était également attendu qu'apparaissent les unités 1 et \mathcal{E}_{01} . Par ailleurs, il était demandé de représenter le profil de \mathcal{E} , pas celui de $|\mathcal{E}|$ (qui n'a pas de signification physique). Enfin, dans certains copies, le tracé demandé n'occupait guère plus que la surface d'un timbre postal.

Le caractère attractif de l'interaction et sa courte portée n'ont été que rarement mentionnés.

L'objectif de cette question était d'amener les candidats à réfléchir sur les propriétés de cette interaction sur laquelle toute la première partie repose. Les candidats qui n'ont pas franchi ce cap se sont rapidement trouvés en difficulté.

5. Cette question ne présente pas de difficulté particulière. Les applications numériques se sont pourtant souvent révélées fausses, ont été données sans unité ou n'ont pas été validées faute de ne pas avoir été posées.

95 Les candidats disposent des bases suffisantes pour réagir aux valeurs obtenues démesurément faibles ou élevées. Pourtant, des résultats qui auraient dû surprendre (par exemple $\mathcal{E}_{01} \sim -10^{-16} \text{ J}$ ou $\mathcal{E}_{01} \sim -10^4 \text{ J}$, pour les extrêmes), ont été "encadrés".

Un résultat numérique est une valeur algébrique. Il doit comporter un signe.

100 Attention à l'usage des inégalités fortes (\ll ou \gg) lorsqu'il s'agit de comparer des valeurs de signes différents. Il est alors préférable (car plus lisible) de faire porter la comparaison sur des valeurs absolues.

6. L'expression établie procède souvent de l'intuition quand elle devrait être le résultat d'une application stricte du théorème de l'énergie mécanique. Celui-ci doit être énoncé clairement et la conservation de l'énergie mécanique dûment justifiée.

105 Les candidats qui ont pris le temps de définir le système sur lequel portait le bilan d'énergie ont, dans leur grande majorité, adopté l'impacteur. Ils ont ensuite déclaré que ce système (ou que son mouvement) est conservatif. Si c'était le cas sa vitesse resterait constante! Seuls quelques candidats ont considéré l'ensemble des billes. Ce système est effectivement isolé (ou pseudo-isolé, dans la mesure où la réaction du rail compense exactement l'action de la pesanteur).

110 Des candidats ont oublié que l'énergie \mathcal{E}_{01} est négative.

7. Seuls quelques candidats ont traité cette question avec toute la rigueur attendue. Ceux-ci ont considéré l'ensemble des billes, défini très clairement l'intervalle de temps sur lequel portait le bilan d'énergie, et évoqué la perte d'énergie mécanique correspondant à l'énergie cinétique de rotation de l'impacteur (évoquée dans l'énoncé).

- 115 8. Les candidats qui n'avaient pas obtenu la bonne forme de décroissance de l'énergie d'interaction (question 3) n'ont pas été pénalisés à nouveau, si le raisonnement présenté était correct.

120 Il est convenu qu'une barrière de potentiel est une grandeur positive. Seuls quelques candidats l'ont définie de façon rigoureuse, par la relation $\Delta_N = \mathcal{E}(x \rightarrow +\infty) - \mathcal{E}_{0N}$, qu'ils ont, le plus souvent, accompagnée d'une illustration graphique (dépendance spatiale l'énergie d'interaction – question (4)).

Compte tenu de la valeur du coefficient α , la condition qui doit être vérifiée se résume à $N > 1$.

9. Le plus souvent, les réponses apportées relèvent davantage du bricolage que du raisonnement et leur rédaction est confuse.

10. Cette question n'a été convenablement traitée que par très peu de candidats.

125 Il s'agissait pourtant simplement de rechercher la dépendance, vis-à-vis du diamètre a des billes, de chacun des paramètres intervenant dans l'expression de la vitesse, puis dans celle de l'énergie cinétique.

130 Parmi les quelques candidats ayant entrepris ce recensement seulement trois ou quatre ont tenu compte de la proportionnalité du moment magnétique (\mathcal{M}_0 ou \mathcal{M}_n) d'une bille vis-à-vis de son volume.

11. Il s'agissait là d'une *question ouverte*. Le jury a été sensible aux arguments des candidats dès lors qu'ils étaient sensés.

135 Beaucoup de candidats ont centré leur analyse sur un éventuel effet de courbure du rail, invoquant des actions d'une force d'inertie d'entraînement, voire de CORIOLIS. Le libellé de cette question suggère pourtant assez clairement que ce n'est pas la piste à suivre.

D'autres ont imaginé que le plan du rail était vertical et que c'est la pesanteur qui jouait alors un rôle-clef.

Quelques très bonnes réponses, d'ailleurs le plus souvent concises, ont toutefois été apportées à cette question qui demandait une certaine prise de recul.

140 Cette question a révélé que peu de candidats avaient retenu les éléments essentiels de l'étude conduite dans cette première partie.

2 Étude de la propagation de l'onde mécanique le long de la chaîne de billes.

12. La loi de HOOKE proposée est parfois fautive. Dans la plupart des cas son cadre de validité n'est pas précisé.

145 Certains candidats ont confondu cette loi avec la relation " $F = k\Delta x$ " décrivant le comportement élastique d'un ressort. À ce propos, notons que le fil formant un ressort travaille essentiellement en torsion (donc en cisaillement) et non pas en traction. En toute rigueur, on ne peut donc pas rapprocher, au moins d'emblée, cette relation de la loi de HOOKE.

150 Presque tous les candidats qui ont abordé cette question ont "trouvé" un argument censé justifier que l'exposant intervenant dans l'expression de la force de HERTZ est supérieur à un. La tortuosité des raisonnements parfois tenus incite à douter qu'ils lui accordaient eux-mêmes le moindre crédit.

Seule une minorité de candidats a véritablement analysé la situation et, au vu de la géométrie des billes, conclu que leur compression augmentait l'aire de leurs zones de contact. Dans la mesure où S devient dépendante de δ , la loi de HOOKE n'est alors plus applicable, au moins directement.

155 13. Le jury a accepté, de manière quasi-équivalente, l'accès à la relation $q \sim Ya^{1/2}$ à partir d'une analyse dimensionnelle rigoureuse ou, plus simplement, à partir d'un raisonnement argumenté s'appuyant sur la loi de HERTZ donnée dans l'énoncé. Notons cependant que la première méthode assure que la solution trouvée est unique, ce qui n'est pas le cas de la seconde.

160 Le "théorème II" ne figurant pas dans les programmes des classes préparatoires aux grandes écoles, nous invitons les candidats à s'en tenir aux méthodes strictement au programme de leur formation.

14. Cette question, pourtant très classique, a dérouté bon nombre de candidats, sans doute parce que l'énoncé laisse aux candidats le choix de la méthode à suivre. La plus directe est sans doute d'établir un bilan d'énergie mécanique.

165 Il apparaît nécessaire de rappeler que le travail d'une force $\vec{F}(\vec{r})$, le long d'un chemin $\mathcal{C}(A, B)$, s'exprime par l'intégrale $W = \int_{\mathcal{C}} \vec{F} \cdot d\vec{r}$. En particulier, dans le cas de la force de HERTZ, il ne s'exprime pas par le simple produit $F(\delta) \times \delta$.

Dans de nombreux cas, le résultat établi n'est pas homogène, conduisant par la suite à des résultats numériques extravagants.

170 Enfin, quelques candidats prétendent avoir obtenu le (un?) résultat par une approche dimensionnelle. Nous restons curieux de savoir comment.

Nous attendions que les candidats restent critiques vis-à-vis du résultat numérique obtenu. Un recouvrement de l'ordre du diamètre d'une bille aurait dû susciter l'étonnement.

15. Le record des valeurs de force trouvée s'élève à 10^7 N. Un tel résultat aurait mieux gagné à être analysé plutôt qu'à être encadré.

175 16. Même si l'inégalité trouvée était correcte, sur la bases des résultats numériques obtenus, la réponse n'a été pleinement validée que dans le cas où l'ordre de grandeur de la force de HERTZ avait été correctement estimé.

17. Cette question n'a pas été comprise. La réflexion à conduire doit partir des propriétés particulières du système mécanique pour déboucher sur la modélisation qu'elles suggèrent.

180 Il s'agit de remarquer que la déformation des billes est localisée au niveau des zones de contact (conséquence de la forme sphérique des billes). Par ailleurs, le "corps" des billes peut être considéré comme indéformable. La chaîne de billes apparaît alors naturellement comme une succession de masses et de ressorts. Naturellement, cette discrétisation n'est valable que dans la mesure où $\lambda \gg a$.

185 Quelques candidats, en évoquant le théorème de SHANNON, ont déclaré que la condition s'écrit $a < \lambda/2$. Si ce résultat présente un air de famille avec la condition $\lambda \gg a$, l'analyse portait ici sur la modélisation, non pas sur les conditions de reconstitution fidèle d'un champ de déformation continu.

18. Cette question, où il s'agit de démontrer une formule donnée dans l'énoncé a, dans de trop nombreux cas, été traitée de manière frauduleuse. Certains candidats ont usé des moyens les plus fallacieux pour accéder au résultat. Rappelons, une fois encore, que cette attitude est inacceptable et ne profite en aucune manière aux candidats qui l'adoptent.

Quelques candidats ne se sont pas rendu compte que l'expression qu'ils avaient obtenue (et encadrée, donc validée) présentait des erreurs de signe.

195 L'évaluation des questions où le résultat est donné (parce que la suite en dépend directement) ne porte évidemment pas sur ce résultat mais sur la manière d'y parvenir. Il est alors conseillé d'apporter le plus grand soin au développement.

19. Ici encore, l'énoncé donne le résultat. Certains candidats ont fait preuve de beaucoup d'imagination pour le justifier. Au vu de la rigueur de leur argumentation, nul doute qu'ils seraient également parvenus à justifier l'inégalité contraire.

200 Une grande partie des candidats a vu, dans l'inégalité $\partial u / \partial x \leq 0$, une conséquence de la dissipation de l'énergie mécanique. Il était pourtant indiqué, en début d'énoncé, qu'aucune source de dissipation de l'énergie mécanique (autre que celle(s) explicitement mentionnée(s)) n'était prise en compte. Par ailleurs, dans la question (18), aucune force non conservative n'a été introduite.

- 205 20. Cette question visait à évaluer l'aptitude des candidats à conduire à son terme un calcul demandant de la rigueur, du soin, et de prendre quelques initiatives. Une minorité d'entre eux y est parvenu complètement.

Certains candidats ont pressenti que c_0 devait désigner une célérité... et sont parvenus à le justifier alors que l'expression qu'ils avaient obtenue était dimensionnellement incorrecte. Nous invitons les candidats à ne pas "forcer" leurs conclusions.

210 Si la plupart des candidats mentionnent la différence (d'ailleurs évidente) entre l'équation de propagation établie et l'équation de D'ALEMBERT, très peu soulignent son caractère non-linéaire.

La manipulation de l'exposant 3/2 a conduit fréquemment aux erreurs suivantes :

$$\left(-\frac{\partial u}{\partial x}\right)^{3/2} = \frac{\partial u}{\partial x} \left(-\frac{\partial u}{\partial x}\right)^{1/2} \quad \text{et} \quad \left(-\frac{\partial u}{\partial x}\right)^{3/2} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^{3/2} \quad (\text{rappelons que } \frac{\partial u}{\partial x} \leq 0).$$

215 Le développement de TAYLOR est connu par la plupart des candidats (parfois à un préfacteur numérique près).

Lorsque le résultat final était incorrect (sans être de toute évidence incohérent) mais homogène, la réponse a été partiellement validée.

220 **21.** Les candidats semblent avoir été gênés par cette question. Dans la plupart des cas ils se sont contentés de préciser la différence entre la vitesse de phase d'une onde monochromatique et la vitesse de groupe d'un paquet d'ondes. Notons, au passage, que la définition de ces vitesses reposent sur la forme particulière des fonctions propres de l'équation de D'ALEMBERT qui a le bon goût d'être linéaire.

225 Quelques candidats ont su s'inspirer de ces définitions pour établir l'expression de la "vitesse de phase" v_ϕ . Certains ont, de plus, remarqué que le milieu (la chaîne de billes) n'était pas dispersif pour la forme d'onde étudiée.

22. Aucun candidat n'a semblé être surpris par la dépendance de la célérité de l'onde vis-à-vis de son amplitude (plus exactement, de l'amplitude de sa dérivée spatiale).

Ils mentionnent parfois cette dépendance mais sans évoquer le possible lien avec la non-linéarité de l'équation de propagation.

230 Aucune connaissance de physique non-linéaire n'était pré-requis pour conduire à bien cette étude. Nous attendions des candidats simplement que, face à une situation nouvelle, ils s'interrogent sur les limites du cadre de la physique linéaire auquel ils sont habitués.

235 **23.** Il s'agit d'une question purement technique. Elle a révélé que bon nombre de candidats ne maîtrisent pas les règles élémentaires du calcul différentiel. La règle dite "de la chaîne", si elle est souvent citée, n'est pas toujours convenablement mise en œuvre.

Par exemple, des candidats n'ont pas compris que, bien que $u = F$, u est une fonction de x et t alors que F est une fonction de θ , variable elle-même fonction de x et t (composition de fonctions).

L'erreur la plus fréquemment rencontrée (et qui révèle une double confusion) est la suivante (non décelable dimensionnellement) :

240
$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} \times \frac{\partial t}{\partial x} \quad \text{où} \quad \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{1}{c}$$

alors que x et t sont des variables *indépendantes*.

Seuls quelques candidats sont parvenus à un résultat exploitable par la suite (les tracés de fonctions), en notant bien que les fonctions sont définies par morceaux.

245 **24.** Cette question et la suivante reposent sur le résultat de la précédente. Même avec un bon point de départ, les tracés ont souvent été très approximatifs, voire véritablement incorrects. En particulier lorsqu'il a été oublié que les fonctions sont définies par morceaux.

25. Quelques candidats se sont intéressés à la dérivée partielle $\frac{\partial u}{\partial x}$ alors qu'il s'agissait bien encore de la fonction $\frac{\partial u}{\partial t}$.

250 **26.** Cette question un peu abrupte nécessite de prendre du recul. Trois ou quatre candidats l'ont très bien comprise et traitée.

27. Il s'agit de déterminer le déplacement d'une bille provoqué par le passage du soliton. Il faut donc exprimer l'écart Δu , à une abscisse x fixée, sur un intervalle de temps d'extension au moins égale au temps de passage du soliton, soit :

$$\Delta u = u(x, t_1) - u(x, t_0) = \int_{(x, t_0)}^{(x, t_1)} \frac{\partial u}{\partial t'} dt' \quad \text{où} \quad t_1 - t_0 = \frac{\pi L_0}{c}$$

255 De nombreux candidats n'ont pas posé le problème avec assez de rigueur et l'ont exprimé par l'intégrale suivante :

$$\Delta u = \int \frac{\partial u}{\partial x} dx$$

les bornes n'étant d'ailleurs que très rarement précisées. Ce calcul a conduit à des erreurs de signe qui n'ont d'ailleurs jamais été décelées (on sait que Δu doit être positif).

260 Seuls quelques candidats sont parvenus au bon résultat.

28. Les candidats qui ont abordé cette question, alors qu'ils avaient fait une erreur de signe dans l'expression de Δu (devenant alors négatif), en question (**27**), n'ont manifesté aucune réserve sur l'égalité $\Delta u = \delta_M$. Le changement de signe fut passé sous silence.

29. Les rares candidats qui sont parvenus jusqu'ici ont, le plus souvent, très bien traité cette question.

265 **30.** Même remarque que précédemment.

III Partie Chimie : Le soudage des aciers.

Cette étude comprend deux parties, la première partie porte sur l'étude des différents procédés de soudage. La seconde se concentre sur la synthèse de molécules pouvant être utilisées pour le traitement des cancers de la peau.

270 III.A Remarques générales.

Nous reprenons les remarques et recommandations générales, pour la plupart mentionnées dans les rapports précédents, qui nécessitent d'être reconduites.

- Dans certaines copies, le manque de soin rend illisible les expressions littérales ou les formules topologiques. Il devient alors impossible d'attribuer des points ;
- 275 • Pour les questions demandant des expressions littérales, les réponses sont trop souvent une simple suite de calculs, sans que soient définies les notations introduites ni précisée l'origine des expressions utilisées ;
- Le jury attend que toutes les réponses soient, au moins, justifiées. Elles ne peuvent être considérées comme justes qu'à cette condition ;
- 280 • Nous notons un certain manque de recul sur certains résultats obtenus qui entraînent en contradictions avec les observations expérimentales. La plupart des candidats préfèrent affirmer que les deux résultats sont en accord, quitte à contredire leur propre raisonnement plutôt que d'admettre une possible erreur de calcul ou l'utilisation d'un modèle incomplet ou inadapté.
- Le jury a conscience que les applications numériques sont effectuées à la main. Pour autant, il est dommageable de se tromper dans des calculs élémentaires (division par 2 par exemple) ou de réaliser des approximations calculatoires trop grossières.
- 285

Le jury tient à féliciter les candidats qui ont fait preuve de rigueur et pris le temps de justifier leur raisonnement.

III.B Remarques détaillées.

290 Nous reprenons les points qui ont apporté le plus de difficultés aux candidats. Pour chaque question sont indiqués le pourcentage de candidats ayant répondu à la question (Traitée) et le pourcentage de points obtenus, par rapport au maximum possible (Réussite).

1. (Traitée : 100 % ; Réussite : 78 %) Les équations de réaction n'ont pas posé de problème à la plupart des candidats. Cependant, certains n'indiquent pas les états physiques des composés.
- 295 2. (Traitée : 95 % ; Réussite : 65 %) Cette question sur la température de flamme a été bien traitée par la plupart des candidats. Pour certains, la mise en place du cycle thermodynamique n'est pas claire et conduit à des erreurs. Le jury note une confusion entre la capacité calorifique du mélange considéré et le $\Delta_r C_p^\circ$ de la réaction.

- 300 **3.** (Traitée : 87 % ; Réussite : 16 %) La plupart des candidats n'a pas vu les différences avec la question précédente. Tout d'abord, cette réaction ayant lieu dans l'air, la présence de diazote était à considérer. De plus, le monoxyde de carbone n'était pas à température ambiante mais à la température de flamme précédemment calculée. Parmi les rares candidats qui remarquent cette différence, très peu proposent une stratégie de calcul de la température intermédiaire, et presque aucun n'aboutit.
- 305 **4.** (Traitée : 87 % ; Réussite : 63 %) La plupart des candidats remet en cause toutes les hypothèses données dans l'énoncé sans recul et sans justification. En particulier, il paraît étonnant de remettre en cause l'indépendance des enthalpies standards de réaction vis-à-vis de la température lorsque l'on considère des réactions se déroulant à la température à laquelle elles sont tabulées.
- 310 **5.** (Traitée : 87 % ; Réussite : 59 %) Les justifications de cette question étaient souvent insuffisantes, certains candidats se contentant de constater le changement de couleur des flammes sans chercher à y apporter d'explications. Beaucoup de candidats ont cherché à appliquer des résultats pour le modèle du corps noir alors qu'il n'était pas applicable ici.
- 6.** (Traitée : 65 % ; Réussite : 51 %) Beaucoup de candidats évoquent le côté "solide" du carbone pour justifier cette propriété révélant une confusion entre l'état physique et la propriété physique.
- 315 **7.** (Traitée : 96 % ; Réussite : 81 %) La grande majorité des candidats a correctement répondu à cette question. Cependant, certains cherchent, sans succès, à intégrer la relation de VAN'T HOFF au lieu d'utiliser directement l'enthalpie libre de réaction.

L'application numérique a montré de nombreuses difficultés de calcul (erreur de signe, erreur de puissance de 10, etc).

- 320 **8.** (Traitée : 91 % ; Réussite : 35 %) La plupart des candidats raisonne correctement sur les influences thermodynamiques de la température et de la pression sur cette réaction. Cependant, très peu ont le recul nécessaire pour montrer que leur résultat n'est pas en accord avec l'observation expérimentale et donc que les aspects thermodynamiques ne permettent pas d'expliquer le résultat. Certains vont même jusqu'à manipuler leurs expressions jusqu'à se contredire et aboutir au résultat qui leur semblait cohérent.

325 En termes de vocabulaire, le déplacement des équilibres "vers la gauche" ou "vers la droite" manque de rigueur. Préférer "le sens direct" ou "le sens indirect".

Lorsque les effets cinétiques sont évoqués, les candidats se contentent trop souvent de déclarer qu'ils sont contraires à ceux de la thermodynamique, sans expliciter les effets de la température et de la pression.

- 330 **9.** (Traitée : 45 % ; Réussite : 24 %) Peu de candidats ont vu le changement de fonction d'état à effectuer lors du passage d'un système isobare à un système isochore.
- 10.** (Traitée : 31 % ; Réussite : 64 %) Très peu de candidats ont vu qu'il s'agissait simplement d'appliquer la loi des gaz parfaits.
- 11.** (Traitée : 73 % ; Réussite : 71 %) Les données ont bien été exploitées par la plupart des candidats.
- 335 **12.** (Traitée : 82 % ; Réussite : 56 %) Alors que la plupart des candidats aboutit aux bons résultats, la majorité conclut à une différence importante de volume occupé alors qu'il y a moins de 2% d'écart entre les deux valeurs.
- Certains candidats ont cherché à calculer les volumes des mailles (donnés dans l'énoncé) ou le rayon des atomes de fer (présent dans les données) alors qu'il manquait des données sur les compacités pour y aboutir.
- 340 **13.** (Traitée : 51 % ; Réussite : 41 %) Peu de candidats ont évoqué la possibilité d'obtenir des solides amorphes lors de refroidissement brusque.

14. (Traitée : 48 % ; Réussite : 31 %) Même lorsque cette question était correctement abordée, certains candidats manquent de clarté sur le nombre de sites interstitiels considérés et/ou ne justifient pas les formules utilisées pour le calcul des rayons disponibles. Cela conduit très souvent à des erreurs.
15. (Traitée : 17 % ; Réussite : 20 %) Cette question qui revenait à un traitement de pression osmotique a été très peu abordée. Certains candidats cherchent à appliquer la loi des gaz parfaits au sein d'un solide.
16. (Traitée : 94 % ; Réussite : 86 %) Question souvent bien traitée mais les justifications pour les classements des espèces en fonction du pH sont souvent manquantes.
17. (Traitée : 86 % ; Réussite : 57 %) Certains candidats donnent la réponse sans justification et, notamment, sans considérer l'influence du pH sur les potentiels standards apparents des couples de l'eau.
18. (Traitée : 79 % ; Réussite : 57 %) Mêmes remarques que précédemment.
19. (Traitée : 82 % ; Réussite : 94 %) La plupart des candidats a correctement identifié le potentiel mixte. Le jury note cependant des confusions avec des fonctionnements de piles.
20. (Traitée : 71 % ; Réussite : 73 %) Question souvent bien traitée.
21. (Traitée : 56 % ; Réussite : 66 %) Lorsqu'elle était abordée, cette question était bien traitée, quel que soit le raisonnement suivi. Par contre, davantage d'explications lors du développement des équations auraient été appréciées.
22. (Traitée : 73 % ; Réussite : 61 %) Dans la plupart des cas cette question était bien traitée même si certains candidats omettent de préciser le rôle de l'électrode de travail qui est pourtant central.
23. (Traitée : 46 % ; Réussite : 67 %) Cette question demandant de relier deux grandeurs à deux caractéristiques ne pouvait être valorisée que si elle était justifiée.
24. (Traitée : 35 % ; Réussite : 60 %) Lorsque la réponse à la question précédente était correcte cette question était bien réussie.
25. (Traitée : 90 % ; Réussite : 72 %) Souvent la justification de la configuration du carbone asymétrique manquait de rigueur.
26. (Traitée : 90 % ; Réussite : 14 %) Dans les étapes d'addition-élimination, c'est l'étape d'addition qui est cinétiquement déterminante. Toutes les justifications sur le caractère nucléofuge du fluor (qui n'est d'ailleurs pas spécialement meilleur nucléofuge que HO^-) étaient donc hors de propos.
27. (Traitée : 88 % ; Réussite : 53 %) Si la réalisation de ce mécanisme ne pose pas de problème à la plupart des candidats quelques erreurs se sont répétées :
- Un manque de rigueur sur les mécanismes (étape non équilibrée avec des espèces qui "disparaissent", flèches courbes ne partant pas clairement d'un doublet d'électrons ...).
 - Quelques candidats proposent un mécanisme de type $\text{S}_{\text{N}}2$.
 - Certains candidats déprotonnent l'amine à l'aide de la DIPEA malgré des écarts de $\text{p}K_{\text{a}}$ très défavorables.
 - Le caractère basique de la DIPEA est très souvent évoqué mais pas son caractère non-nucléophile.
28. (Traitée : 85 % ; Réussite : 91 %) Question très bien traitée, en général.
29. (Traitée : 71 % ; Réussite : 31 %) Le jury note une grande confusion entre un solvant aprotique et un solvant anhydre.

- 30.** (Traitée : 57 % ; Réussite : 18 %) Très peu de candidats ont identifié les sites acides de la molécule **A**.
- 385 **31.** (Traitée : 77 % ; Réussite : 26 %) Un grand nombre de candidats évoque une “création” de chiralité grâce à la réaction, alors que le réactif utilisé est déjà chiral (mais obtenu dans un mélange racémique). Même lorsque le dédoublement de racémique est correctement identifié, les explications manquent parfois de clarté.
- 390 Dans d’assez nombreuses copies, il est fait mention de “la sortie hors du plan” de la molécule, ce qui traduit des lacunes importantes sur la représentation spatiale des molécules.
- 32.** (Traitée : 60 % ; Réussite : 48 %) La plupart des candidats ayant abordé cette question a vu l’augmentation de l’acidité de la molécule grâce au groupement cyano. Une augmentation de la réactivité sans préciser l’aspect modifié ni le justifier ne peut pas conduire à l’obtention de points.
- 33.** (Traitée : 55 % ; Réussite : 60 %) Question peu abordée mais bien traitée en général.
- 395 **34.** (Traitée : 48 % ; Réussite : 32 %) Question rarement réussie. Peu de candidats ont utilisé l’indication sur la formation d’une imine.
- 35.** (Traitée : 56 % ; Réussite : 57 %) Les données spectroscopiques étaient souvent bien exploitées mais il était rare que toutes les données soient utilisées. Elles sont pourtant complémentaires pour la détermination des structures.
- 400 **36.** (Traitée : 43 % ; Réussite : 87 %) Question très bien traitée par la plupart des candidats l’ayant abordée.

* *
*