

Banque PC inter-Éns – Session 2022**Rapport du jury de l'épreuve écrite Physique–Chimie (5 h)**

- **École** : Éns de Lyon
- **Coefficient** :
 - En pourcentage du total d'admissibilité : 25,00 %
 - En pourcentage du total d'admission : 8,77 %
- **Membres du jury** :
 - Partie chimie : Bénédicte GREBILLE, Raymond GRUBER, Margaux ROUX, Emma VAN ELS-LANDE ;
 - Partie physique : Anne-Emmanuelle BADEL, Hervé GAYVALLET, Sylvain JOUBAUD, Baptiste PORTELLI.

I Présentation de l'épreuve et données statistiques.

Cette épreuve comprend deux parties. La première, consacrée à la physique, portait sur l'étude de la diffusion de vorticité dans un fluide en rotation, dans une géométrie simple. La seconde, dédiée à la chimie, s'intéressait aux capsaïcinoïdes qui sont une famille d'alcaloïdes rencontrée dans les piments. Le

5 sujet de cette épreuve est accessible à l'adresse :

https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2022/05/22_pc_sujet_phychi.pdf

Remarque : Une erreur figurait dans le formulaire de la partie physique (dans le terme "en z" du laplacien). Elle fut décelée trop tardivement pour qu'il soit envisageable de ré-imprimer le sujet, ou de lui associer un erratum. Les candidats en ont été informés en début d'épreuve. Par ailleurs, la légende du

10 *tableau (3) de la partie chimie était la reproduction de celle du tableau (2). Le contenu de ce dernier étant présenté dans le texte ainsi que dans le tableau lui-même, cette erreur n'a donc pas dû trop perturber les candidats. Dans le sujet mis en ligne à l'adresse indiquée ci-dessus, ces erreurs ont été corrigées et les séquences de texte concernées apparaissent en bleu.*

Les deux parties comptant à parts égales dans l'évaluation globale, il est recommandé de ne pas

15 consacrer plus de deux heures et trente minutes à chacune des parties, comme cela est indiqué en début de sujet. Quatre candidats ont rendu une copie blanche en chimie et trois en physique, ce qui reste marginal.

Sur les 1 227 candidats inscrits¹ au concours PC 2022 de l'Éns de Lyon, 834 (68 %, pour 60 % en 2021) se sont présentés à cette épreuve. Les notes attribuées s'étalent de 0,30 à 20,00 selon un écart-type de

20 3,51 et autour d'une moyenne de 8,45. La figure (1) présente leurs distribution et distribution cumulée descendante par intervalle de quatre points.

1. Candidats autorisés à concourir.

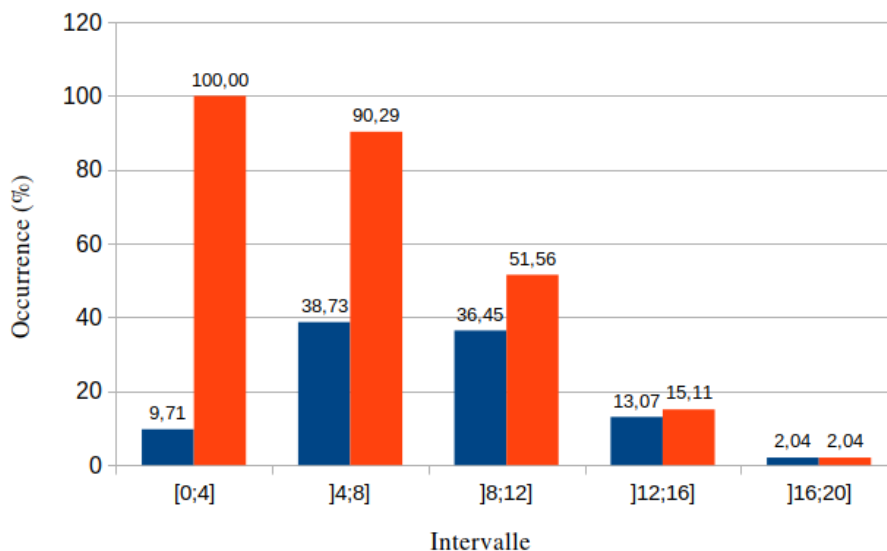


FIGURE 1 – Épreuve écrite PC 2022 Physique-Chimie de l'Éns de Lyon : Distributions relative et cumulée descendante des notes attribuées.

II Partie physique : Étude d'un phénomène de diffusion en hydrodynamique.

Une première partie est consacrée à la caractérisation de la surface libre d'un liquide contenu dans récipient cylindrique (à base circulaire) tournant à vitesse angulaire constante. La seconde partie s'intéresse à la phase d'immobilisation du liquide qui suit l'arrêt brutal du récipient et, en particulier, au phénomène de diffusion de la vorticité qui l'accompagne.

Le thème d'étude est très classique. Les premières questions sont d'ailleurs des applications directes du cours. Les difficultés résidaient essentiellement dans la bonne conduite de quelques calculs ainsi que dans certaines analyses physiques. Une proportion représentative du sujet a été abordée par bon nombre de candidats, donnant ainsi une bonne base d'évaluation comparative. Les questions de nature qualitative (qui ne sont pas les moins importantes), qui nécessitent donc de prendre un certain recul, ont été le plus souvent mal traitées, voire sautées. Enfin, comme pour chaque session, quelques candidats ont révélé posséder déjà de remarquables facultés à mobiliser leurs connaissances.

II.A Remarques générales.

Nous reprenons ici les remarques et recommandations générales les plus importantes qui, bien que déjà mentionnées dans les rapports précédents, demeurent d'actualité.

- La rédaction d'une copie ne doit pas se réduire à une suite de résultats. La présentation de la démarche adoptée, la conduite des calculs et l'analyse des résultats révèlent des qualités qui sont évaluées indépendamment des résultats obtenus.
- Il est exceptionnel qu'une figure, ou l'esquisse d'une représentation graphique de fonction, accompagne un raisonnement, un calcul ou un commentaire de résultat. Ces outils permettent pourtant d'éclairer une situation et d'éviter ainsi des erreurs.
- Un résultat, qu'il soit intermédiaire ou final, gagne toujours à être soumis à des tests de validité (le premier portant sur la cohérence dimensionnelle). Au-delà du fait que cette analyse permet de déceler des erreurs, elle incite à réfléchir systématiquement sur le résultat obtenu.
- Certaines copies sont illisibles au point qu'il est parfois impossible d'en évaluer le contenu et donc de lui attribuer des points. Il apparaît même parfois que des candidats commettent des erreurs de retranscription de leur propre écriture.

- En dépit de nos signalements répétés, les tentatives de fraudes - souvent grossières - pour établir un résultat donné dans l'énoncé restent trop fréquentes. Nous rappelons que les correcteurs ne limitent pas leur lecture des copies aux résultats ou aux conclusions. Il est préférable, à tout point de vue, d'admettre ouvertement un résultat plutôt que de falsifier une démonstration.

II.B Remarques détaillées.

Nous présentons ici, 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 difficultés particulières significativement partagées. Dans la suite, les numéros **1** à **34** se rapportent à ceux des questions. Nous ferons parfois référence aux notations, équations et figures de l'énoncé, il est donc indispensable d'associer la lecture de ce rapport à celle du sujet.

1 Étude du régime permanent.

1. Plus d'un tiers des candidats n'a pas représenté toutes les actions de pression agissant sur les surfaces de l'élément de volume. Beaucoup oublièrent que les surfaces de normales $\pm \vec{e}_\theta$ sont également soumises à une force de pression. Par ailleurs, il est important de ne pas confondre le scalaire p et le vecteur $p d\vec{S}$. Enfin, les schémas manquent souvent de soin ou de lisibilité.
2. Bien que laissé à l'initiative des candidats, le choix du référentiel d'étude doit être précisé et les implications de ce choix clairement recensées. Beaucoup de candidats ayant sauté cette étape ont confondu vitesse absolue et vitesse relative. Certains sont d'ailleurs "parvenus" à établir l'expression de la force d'inertie d'entraînement à partir de celle de CORIOLIS!

Dans la mesure où il avait été demandé, dans la question précédente, de représenter les différentes forces de pression agissant sur le domaine élémentaire, il était attendu que lui soit appliqué le principe fondamental de la dynamique de façon détaillée, étape par étape, en considérant chacune des forces de pression.

Certains candidats ont cherché à établir l'équivalent volumique des forces de pression s'exerçant sur le volume élémentaire mais en considérant d'une part que $\vec{e}_\theta(\theta \pm d\theta/2) \cdot \vec{e}_r = 0$, d'autre part que $r d\theta \simeq (r + dr)d\theta$ (comme ce serait le cas dans un système de coordonnées cartésien). Si le résultat est correct (puisque ne dépendant pas du système de coordonnées), la démonstration n'en demeure pas moins fautive.

Enfin, exceptionnels sont les candidats qui sont soucieux d'écrire correctement une grandeur infinitésimale. Par exemple, on trouve fréquemment des relations présentant la forme suivante :

$$\vec{P} = dm \vec{g} \quad \text{ou} \quad d\vec{P} = m\vec{g} \quad (1)$$

Cette rigueur de notation offre la possibilité de déceler des erreurs en vérifiant la cohérence de l'ordre infinitésimal des grandeurs intervenant dans une relation (à l'instar de la vérification de la cohérence dimensionnelle). Une des remarques relatives à la question (**25**) revient sur cet outil de vérification.

3. Si le résultat (très classique) est le plus souvent obtenu, la façon de l'établir manque parfois de rigueur, voire est véritablement incorrecte. Quelques candidats ont traité élégamment cette question en écrivant la relation (**2**) sous la forme d'un gradient (suivant la méthode appliquée en vue d'établir le relation de BERNOULLI à partir de l'équation d'EULER).
4. Cette question ne semble pas avoir posé de problème aux candidats. Certains d'entre eux ont mentionné, très justement, que la continuité de la pression de part et d'autre de la surface libre du liquide ne tient que dans la mesure où les effets interfaciaux ont été négligés.
5. Une minorité de candidats a suivi la méthode indiquée dans l'énoncé pour accéder à l'expression du paramètre k . Certains candidats ont (apparemment...) préféré traduire la conservation du volume ou de la masse du liquide. Dans la mesure où une méthode à suivre était indiquée, un bonus a été accordé à ceux l'ayant appliquée. Enfin, d'autres ont procédé par identification à partir de la

dépendance selon r^2 de la relation (3) à obtenir, voire simplement par analyse dimensionnelle. Même s'il ne s'agit pas de véritables démonstrations, ces candidats ont fait preuve de débrouillardise, attitude toujours valorisée. Par ailleurs, les erreurs de calcul ne sont pas rares.

La détermination de la fonction $Q = Q(s)$ et le tracé de sa représentation graphique ont donné lieu à des résultats parfois surprenants. Apparemment, bon nombre de candidats ne savent pas effectuer un changement de variables. Naturellement, le tracé de la fonction Q n'avait de sens que sur l'intervalle $[0, 1]$. Les "particularités" de la fonction ont été décrites sous le seul angle des mathématiques. Très peu de remarques de nature physique ont été formulées.

6. Étonnamment, la plupart des candidats n'a cherché à traduire que l'une des deux conditions, $Z(0) > 0$ ou $Z(R) < H$. Les candidats n'ayant pas obtenu l'expression (ou la bonne expression) de k en question (5) n'ont évidemment pas été sanctionnés une deuxième fois, à partir du moment où leur raisonnement était correct.
7. Moins de cinq candidats ont indiqué que l'indépendance de k vis-à-vis de ρ trouve son origine dans l'égalité des masses inertielle et gravitationnelle. Les autres ont sauté cette question ou invoqué, sans doute davantage par automatisme que par réflexion, l'incompressibilité de l'écoulement.
8. Cette question, qui a souvent été sautée, a posé davantage de problèmes aux candidats que nous le pensions. Certains n'ont considéré que l'action gravitationnelle, d'autres que l'action d'entraînement. Seuls quelques candidats ont fait intervenir ces deux effets et établi que l'énergie potentielle du flotteur était alors uniforme. Notons que cette question comportait deux volets : l'un concernant la position d'équilibre, l'autre la situation de flottaison.
9. Cette question, pourtant facilitée par l'indication donnée, a dérouté une grande partie des candidats. Plutôt que de considérer un rayon particulier qui se réfléchit selon la direction horizontale, beaucoup de candidats ont considéré un rayon dont le point de réflexion se situe à une distance R de l'axe (qui apparaît, par la suite, être le rayon du cylindre représenté sur la figure (1)...). La mise en relation de la pente locale à la tangente n'a pas été une évidence pour quelques candidats ayant franchi la première étape.
10. Rappelons que l'unité d'une vitesse angulaire est, dans le système d'unités international, le radian (unité dérivée $\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$) par seconde et non le hertz (et encore moins le $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$!). Cette négligence a causé systématiquement une erreur de conversion pour obtenir l'unité demandée ($\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$). Une "règle de trois" mal posée a été une autre cause d'erreur.
11. La méthode de construction de l'image d'un objet par un système optique (simple) est mal maîtrisée. Moins de 10% des constructions proposées étaient correctes. Quelques candidats ont considéré que le miroir était une lentille. Enfin, on ne peut espérer pouvoir observer deux étoiles qu'à condition qu'elles ne se situent pas, toutes-deux, sur l'axe SF.
12. La condition de stigmatisme rigoureux entre un point situé à l'infini sur l'axe SF et le foyer assurée par un réflecteur parabolique a été avancée par assez peu de candidats.
13. Si les candidats ayant abordé cette question mentionnent généralement qu'un réflecteur de grand diamètre améliore la luminosité de l'image (qui ne doit pas être confondue avec sa netteté), peu évoquent la conséquence sur la diffraction et donc le pouvoir de résolution.

2 Étude de la phase d'arrêt.

14. Il s'agissait de recenser les restrictions à la généralité de l'étude et les approximations sous-entendues par la forme du champ de vitesse adopté *a priori*. La majeure partie des candidats s'est contentée de traduire verbalement ce qu'exprimait mathématiquement la relation (5).

En particulier, l'hypothèse d'un écoulement laminaire méritait d'être soulignée puisqu'il s'agit d'une hypothèse "forte" (sur laquelle la dernière question invitera d'ailleurs à revenir...). Compte tenu de la situation étudiée, l'absence de composante de la vitesse selon \vec{e}_r et \vec{e}_z ne pouvait décrire de façon totalement réaliste l'écoulement. De même, l'absence de dépendance, vis-à-vis de z , de la vitesse est incompatible avec la présence du fond du récipient.

15. Il est étonnant, voire inquiétant, que cette question d'entrée ait mis en difficulté d'assez nombreux candidats. Parmi les expressions proposées les plus fantasques nous avons retenu les suivantes :

$$E_c = \frac{1}{2}m \iiint v^2 d^3\tau ; E_c = \frac{1}{2}m \int v^2 dr \vec{e}_\theta ; E_c = \frac{1}{2}m \iint v^2 dr dt ; E_c = \frac{1}{2}m \int (dv)^2 \quad (2)$$

- 140 16. Quand la question précédente avait été correctement traitée, celle-ci n'a pas posé de problème particulier. Certains candidats ont sans doute perdu du temps faute d'avoir bien organisé leurs calculs. Avec plus ou moins de méthode, les candidats ont le plus généralement conduit leurs calculs avec persévérance. Les simples erreurs de facteur numérique ont été très peu sanctionnées et leurs conséquences dans la suite n'ont conduit à aucune autre pénalité.

145 Un commentaire sur la forme de l'énergie E_c^* était le bienvenu, mais il fut plus que rare.

17. Comme pour la question (15), certaines expressions proposées nous ont surpris. Rappelons que la forme générale de l'énergie potentielle d'un objet de masse m et de centre de masse G , dans un champ de pesanteur uniforme \vec{g} , s'exprime selon la relation suivante :

$$E_p = -m\vec{g} \cdot \vec{r} \quad \text{où} \quad \vec{r} = \overrightarrow{OG} \quad (3)$$

18. Nos remarques sont analogues à celles se rapportant à la question (16). Là encore, un commentaire sur la forme de l'énergie E_p^* était le bienvenu.

19. Il s'agissait ici de bien préparer les calculs en établissant, dans un premier temps, la relation suivante :

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_p \frac{E_p^*}{E_c^*} \quad (4)$$

Ce que beaucoup de candidats ont d'ailleurs fait. Le développement des calculs ultérieurs n'a pas été toujours conduit de façon heureuse.

- 150 20. Cette question de thermodynamique donne l'occasion de rappeler qu'il est essentiel de définir le système thermodynamique que l'on considère et de recenser ses "échanges" avec l'extérieur (le complémentaire du système), avant de lui appliquer un bilan.

155 Le fluide étant une phase condensée "incompressible", de ce point de vue les fonctions d'état U et H peuvent être indifféremment utilisées. La lecture de la question (21) aurait dû toutefois inciter les candidats à utiliser préférentiellement H , en invoquant le caractère monobare de la transformation (ou de l'évolution).

21. Écrire $\Delta U = C_p \Delta T$ est une erreur de fond. Une nouvelle fois, si l'on choisit de travailler avec U , il est impératif de justifier qu'il est légitime de confondre C_v et C_p .

22. Cette question était difficile. À quelques très rares exceptions près, les réponses données ont été décevantes. Le plus souvent l'argumentation manquait de rigueur, voire même de cohérence. Pour bien faire la différence entre les deux situations (arrêt brutal et arrêt progressif) il est essentiel d'analyser de quelle façon le fluide échange de la puissance (ou du travail) avec le cylindre (nous revenons au recensement des échanges). Au cours de la phase d'arrêt, la surface de contact du cylindre avec le fluide est soumise à une contrainte tangentielle qui a tendance entraîner le cylindre. Dans le cas d'un arrêt progressif du cylindre, le fluide fournit donc de la puissance mécanique (positive) au cylindre (C). L'application du premier principe au fluide (F) conduit à la relation suivante :

$$\Delta H + \Delta E_m = \int dt P_{C/F} \leq 0 \quad (\Delta E_m \leq 0) \quad (5)$$

160 Bien sûr, des points ont été accordés aux réponses construites sur des arguments qualitatifs, dans la mesure où ils étaient fondés.

- 165 **23.** Cette question a été correctement traitée par moins de cinq candidats. Ceux-ci ont pensé à considérer le cas particulier d'une "rotation solide" du fluide. La contrainte de cisaillement doit alors être uniformément nulle (en raison de l'absence de glissement relatif des "couches" de fluide). Certaines réponses nous ont paru particulièrement farfelues (il n'en émanait d'ailleurs pas beaucoup de conviction...), par exemple : "La vitesse diminue lorsque r augmente." ou "La contrainte doit être plus forte en zéro."
- 170 **24.** Il est désolant que le volume élémentaire sur lequel les candidats allaient devoir porter toute leur attention n'ait été représenté que dans quelques très rares copies. Certains candidats ont recensé, en plus des forces de cisaillement, des forces volumiques de viscosité ($\eta\Delta\vec{v}$) (qui, hormis le problème de redondance évoqué, devrait être intégré sur l'ensemble du volume élémentaire d^2V considéré, c'est-à-dire sur $2\pi\dots$). Il convient de bien noter que ces deux termes sont deux représentations du même effet. Une force volumique de viscosité n'a pas de réalité physique. Une force de viscosité n'agit que "sur une surface" (force de très courte portée), c'est en sommant ses participations sur chacune des faces d'un volume élémentaire (d^3V) qu'apparaît une grandeur que l'on assimile à une force "volumique" (illustration dans le cas unidimensionnel : $-\tau(x)dydz + \tau(x + dx)dydz = (d\tau/dx)dxdydz$).
- 175 Par ailleurs, nombre de candidats ajoutent des forces d'inertie d'entraînement et de CORIOLIS. Sans doute pensaient-ils devoir encore se placer dans le référentiel tournant alors que le cylindre est, dans cette partie, à l'arrêt, et qu'il est indiqué que le principe fondamental de la dynamique est appliqué dans le référentiel galiléen \mathcal{R}_0 .
- 180 L'existence d'une composante axiale du moment associé à chacune des forces recensées n'est discutée de façon exhaustive, voire simplement évoqué, que dans une minorité de copies.
- 185 **25.** Dès à présent, tenter d'avancer sans l'appui de la représentation du volume élémentaire d^2V devenait hasardeux. Avec cette représentation il devenait très aisé d'établir l'expression du moment cinétique. Notons qu'il s'agit d'un moment cinétique élémentaire d'ordre 2 (le même ordre que celui du volume) et non 3 comme cela est apparu dans certaines copies... Le moment résultant des contraintes de cisaillement n'a été exprimé correctement que très rarement. Le plus souvent l'une des surfaces soumises au cisaillement a été oubliée. Parmi ceux qui ont convenablement considéré l'action du cisaillement sur les surfaces interne et externe de la bague élémentaire, beaucoup les ont situées à la même distance r de l'axe (ce qui constitue une erreur mineure puisque ne se manifeste pas, plus tard, par une incohérence).
- 190 Enfin, quelques candidats ont (visiblement) exprimé le moment résultant $d^3\mathcal{M}$ appliqué à un domaine élémentaire $d^3V = r dr dz d\theta$ et l'on mis ensuite en relation avec $d^2\sigma_z$ (à travers le principe fondamental de la dynamique).
- 195 Ces erreurs (sauf celle définie comme mineure) posaient naturellement un problème de cohérence d'ordre d'élément infinitésimal. Il est décevant que beaucoup de candidats les ayant commises ont apporté, à la volée, des "correctifs" très douteux plutôt que d'analyser leur erreur. On a vu, par exemple, le remplacement insidieux de dr par r ou celui de $d\theta$ par 2π , et même la substitution de dr par $d\theta$ (dans le cas d'une double erreur : une seule surface prise en compte et domaine élémentaire d^3V au lieu de d^2V).
- 200 **26.** Cette question, dont le résultat était donné, a conduit à quelques développements dépourvus de toute honnêteté scientifique. Comme nous l'avons déjà signalé dans nos remarques générales, cette attitude est à proscrire absolument.
- 205 **27.** Assez rares sont les candidats qui ont écrit correctement les deux conditions demandées. La situation correspondant à $t \rightarrow +\infty$ pouvait être mentionnée comme remarque mais il ne s'agit pas d'une condition *initiale*. La condition d'adhérence à la paroi méritait d'être signalée comme une propriété des fluides visqueux².

2. Notons que cette propriété est vérifiée expérimentalement dans un grand nombre de situations – c'est-à-dire de couples surface/fluide – mais ne revêt pas un caractère universel.

210 **28.** Cette question a été généralement bien traitée. Notons qu'il était préférable d'intégrer la relation entre 0 et r qu'entre R et r . Si la vitesse reste toujours nulle en $r = 0$, ce n'est pas le cas en $r = R$. Elle subit une discontinuité ($v : \Omega R \rightarrow 0$) au moment de l'arrêt du cylindre. La pertinence de ce choix apparaît dans la question (31).

29. Les candidats ayant traité correctement la question précédente n'ont généralement eu aucun mal à obtenir la relation intermédiaire suivante :

$$\int_0^r u du \frac{\partial w}{\partial t} = \nu r \frac{\partial w}{\partial r} \quad (6)$$

L'étape suivante qui consistait à la dériver spatialement n'a pas été systématiquement franchie.

215 **30.** La linéarité de l'équation de diffusion est une propriété capitale qu'il convient de souligner. Le flux surfacique de vorticité n'a été construit correctement, par analogie avec les modèles de FICK ou de FOURIER, que dans une minorité de copies.

31. Cette question a été rarement abordée. Il importe de vérifier que la solution stationnaire $\omega = \omega(r)$ trouvée reste définie en tout point du fluide et en particulier en $r = 0$.

32. Cette question a également été très peu abordée. Les réponses données étaient très incomplètes.

220 **33.** Les rares candidats qui ont abordé cette question ont plutôt construit le temps caractéristique τ dimensionnellement, ou en le mettant en correspondance avec R et ν à travers l'équation de diffusion. Ce n'était pas la démarche demand  e. Le tracé du profil de vorticité demandé dans la question précédente apportait, bien sûr, l'éclairage nécessaire au traitement de cette question.

225 **34.** Parmi les quelques très rares candidats s'étant courageusement aventurés jusqu'à cette dernière question, aucun n'a remis en cause de façon suffisamment ciblée les hypothèses tacitement associées à la forme du champ de vitesse adoptée. La valeur du rapport de REYNOLD que l'on peut associer à l'expérience évoquée est de l'ordre de 10^4 . Par conséquent, le champ de vitesse laminaire adopté est très probablement instable. L'échelle de dissipation n'est alors pas le rayon du cylindre mais une échelle de turbulence plus petite. La conversion de l'énergie mécanique en énergie thermique, par effet visqueux, est ainsi plus efficace.

230 III Partie Chimie : Les capsaicino  des.

Le thème de la partie Chimie du sujet était la famille des capsaicino  des qui sont les composés responsables de la sensation de brûlure dans les piments. La première partie porte sur la thermochimie et plus précisément sur l'analyse des grandeurs de réaction pour la solubilisation d'une molécule comportant une partie à la fois hydrophile et hydrophobe. La deuxième partie aborde la chimie organique et porte sur la synthèse de cette famille de molécules. Enfin, la dernière partie concerne la chimie analytique et la détermination de la concentration d'une solution à l'aide d'une méthode électrochimique. Dans l'ensemble, le sujet couvre une large partie du programme de première et de seconde année de Chimie. Les trois parties étaient totalement indépendantes et il était possible, au sein de chacune d'elles, d'aborder de manière indépendante les sous-parties, ce que de nombreux candidats ont fait.

240 III.A Remarques générales

- Dans certaines copies, le manque de soin rend illisible les formules topologiques et, notamment, la vérification du nombre d'atomes de carbone dans les chaînes, ce qui rend impossible d'attribuer les points ;
- Le manque de soin vaut également pour les lettres de l'alphabet grec ;
- 245 • Les réponses données doivent être *a minima* justifiées pour être considérées comme justes ;
- Lorsque les résultats sont donnés dans l'énoncé, une démonstration rigoureuse est attendue. Les réponses se contentant de recopier le résultat de l'énoncé, ou un simple "on déduit des questions précédentes" ne permettent pas d'obtenir les points de la question ;
- 250 • La plupart du temps, les graphiques ne sont que partiellement analysés. Notamment, lorsque plusieurs courbes sont représentées, il est attendu une analyse de chacune d'elles.

III.B Remarques détaillées

1 Étude de la solubilité du nonivamide.

255 Cette partie a été menée à bien par une majorité de copies. Cependant, les questions d'interprétations des résultats ont pu montrer que la plupart des candidats n'ont pas compris la distinction entre enthalpie et entropie.

1. La plupart des erreurs viennent d'un mauvais décompte des carbones sur la chaîne amide, les candidats oubliant de compter également le carbone de la fonction C=O. Certains candidats oublient également le H sur la fonction amide.
- 260 2. Si de nombreux candidats ont su identifier le bon isomère, le jury s'étonne de la confusion entre stéréoisomérisie et isomérisie de constitution. Certains candidats évoquent même des relations d'énantiomérisie, diastéréoisomérisie, configuration... Même lorsque la réponse est juste, peu de copies la justifie.
- 265 3. Dans cette question, l'analyse du caractère protique et/ou polaire de chacun des solvants était attendue. Le caractère "organique" des solvants ne devrait plus être utilisé comme justification à ce niveau. Il ne peut être un critère pertinent ici car l'hexane et le DMSO sont deux solvants organiques mais ayant des polarités totalement différentes.
4. Question en général bien traitée lorsqu'elle est abordée. Certains candidats semblent ne pas connaître la notion de potentiel chimique, ou la condition d'équilibre associée.
- 270 5. Si le calcul a été en général bien mené, de trop nombreux candidats oublient de conclure pour montrer comment il est possible de remonter à l'enthalpie et à l'entropie.
6. Question bien traitée en général. Certaines copies indiquent une unité erronée pour l'entropie alors qu'elle est précisée dans l'énoncé.
- 275 7. Cette question a posé beaucoup de problèmes aux candidats. De trop nombreux candidats ont calculé l'enthalpie libre à 298 K, ce qui revient à perdre l'information sur les deux contributions, et ne nécessite pas toute l'étude faite précédemment sur l'évolution de la solubilité en fonction de la température. La signification physique de l'enthalpie, qui correspond ici à l'énergie d'interaction entre la molécule et le solvant, et l'entropie, qui correspond au désordre du système, n'ont été que trop peu évoquées.

2 Synthèse biosourcée des capsaïcinoïdes.

280 Cette partie, consacrée à la chimie organique, a posé de nombreuses difficultés aux candidats, ceux-ci inventant même des réactions hors-programmes. La maîtrise des réactions et du vocabulaire de base en chimie organique est lacunaire.

8. La réaction d'addition nucléophile sur un dérivé carbonyle conjugué n'a été que rarement identifiée.
- 285 9. Dans de nombreuses copies, deux formes mésomères d'une même molécule sont considérées comme deux régioisomères différents.
10. L'hémiacétal a souvent été confondu avec une autre fonction.
11. La justification est souvent incomplète.
12. Dans de trop nombreuses copies, le mécanisme de rétro-aldolisation crotonisation fait apparaître comme intermédiaire réactionnel, un énolate avec un carbanion supplémentaire (figure (2)).

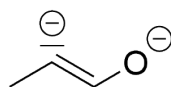


FIGURE 2 –

290 Dans d'autres copies, la molécule finale est un alcyne.

Le dernier équilibre céto-énolique est souvent oublié et la molécule **5** est rarement écrite sous sa forme aldéhyde.

13. L'équation bilan est le plus souvent juste.
- 295 14. Cette question, pourtant simple, est rarement bien traitée. Une ou plusieurs des espèces en quantité catalytique (alanine, enzymes, NADH) est/sont systématiquement oubliée/s.
15. Le rôle de réducteur est rarement correctement attribué à NADH.
16. L'hydrolyse d'un ester ne semble pas maîtrisée. Si tous les candidats pensent bien à former l'acide carboxylique, la quasi-majorité oublie la fonction alcool. Même lorsque les candidats ont pensé à la fonction alcool, le nombre d'atomes de carbone constituant la chaîne principal n'est pas correct.
300 Alors que l'énoncé parle clairement de dérivé bromé, beaucoup de candidats proposent à la place un bromure d'acyle, qu'ils n'ont, normalement, jamais rencontré.
17. Cette question est, en général, bien traitée. Dans certaines copies, les indications de l'énoncé sont mal, ou ne sont pas, reportées (température d'ébullition, fraction massique,...).
18. De trop nombreux candidats se contentent de réciter leur cours, oubliant qu'ici le diagramme est
305 à azéotrope négatif.
19. Peu de candidats pensent à la réaction de Wittig, proposant de passer par un organomagnésien ou organolithien, ce qui est incompatible avec la fonction acide carboxylique.
20. La plupart des réponses indiquent seulement que l'alcène (*E*) est le produit majoritaire sous
310 contrôle thermodynamique. Pour rappel, il est nécessaire d'avoir une réaction chimique pour avoir un contrôle cinétique ou thermodynamique. Il ne suffit pas de chauffer pour convertir un alcène (*Z*) en alcène (*E*). Une analyse complète indiquant la réaction chimique et le mécanisme était attendue afin de justifier complètement l'isomérisation.
21. Question de cours en général bien traitée, même lorsque les réponses aux questions précédentes étaient erronées.

315 **3 Détection électrochimique des capsaïcinoïdes en solution.**

Dans cette partie, les résultats des questions **24** à **28** sont généralement trouvés par les candidats, qui sont guidés par les nombreux résultats intermédiaires. Cependant, certains candidats ne détaillent pas leur raisonnement, ce qui est d'autant plus pénalisant lorsque le résultat est donné dans l'énoncé. Les questions d'interprétation ont posé davantage de difficulté.

- 320 **22.** Quasiment tous les candidats ont oublié que du méthanol était produit au cours de la réaction.
- 23.** La justification est généralement incomplète, voir fantaisiste.
- 24.** Question généralement bien traitée.
- 25.** Certains candidats ont eu du mal à intégrer l'équation, après séparation des variables.
- 26.** Expression souvent juste mais rarement justifiée. Les candidats écrivent, pour la plupart, unique-
325 ment le résultat.
- 27.** La réponse étant donnée dans l'énoncé, une démonstration rigoureuse était donc attendue.
- 28.** De même, dans cette question, la démonstration complète était attendue. Les réponses du type, "on en déduit *I*", avec uniquement le résultat, ne peuvent pas être considérées comme justes.
- 29.** Peu de candidats pensent à commenter la figure (**3**). Notamment, le fait que l'on observe des pics
330 et non pas des paliers, ce qui est cohérent avec les questions précédentes, ni même que l'on observe bien une oxydation.
- De même, un calcul était attendu pour montrer que le potentiel *E* était bien proportionnel à $\ln(v)$.
- 30.** Peu de candidats pensent à commenter la figure (**5**), notamment le fait que le potentiel de pic ne dépend pas de *c*. De plus, rares sont les candidats à avoir rappelé que Γ_{tot} est proportionnel à *c*,
335 d'après l'énoncé.

340

- 31.** Si la méthode par étalonnage est souvent proposée, le protocole permettant la détermination de la concentration est quasiment toujours incomplet. En particulier, peu de candidats pensent à préciser qu'il faut faire toutes les expériences à la même vitesse de balayage.
- 32.** De nombreux candidats ont pensé à comparer les résultats aux résultats obtenus par titrage. Cependant, rares sont ceux qui ont pensé à considérer la précision obtenue avec une électrode spécifique, comme l'électrode de verre, qui permet d'obtenir une aussi grande précision que l'électrode proposée dans l'énoncé.

* *

*