

Banque PC inter-ENS – Session 2014
Rapport de l'épreuve écrite de physique–chimie (Lyon)

- **École(s) concernée(s) :** ENS de Lyon
- **Coefficient :** 5 (9,26 % du total concours)
- **Membres du jury :**
 - Chimie : Isabelle Parrot, Guillaume Pilet, Michael Smietana, Jean-Bernard Tommasino ;
 - Physique : Anne-Emmanuelle Badel, Arnaud Le Diffon, Cendrine Moskalenko, Baptiste Portelli.

I Introduction.

Dans son esprit, cette épreuve n'est pas une épreuve à option et nous attendons que les candidats abordent chacune des deux parties, chimie et physique. Le sujet était toutefois long et le passage d'une partie à l'autre nécessite un temps d'adaptation qui a pu décourager certains candidats. Pour résumer la situation, une large partie des candidats ont effectivement abordé les deux parties. Les meilleures notes ont été attribuées dans ce cas. Trois candidats ont rendu une copie blanche en physique et vingt-six en chimie. Parmi eux, la note maximale attribuée excéda légèrement 15/20.

La figure (1) présente les statistiques et la distribution des notes relatives à cette épreuve.

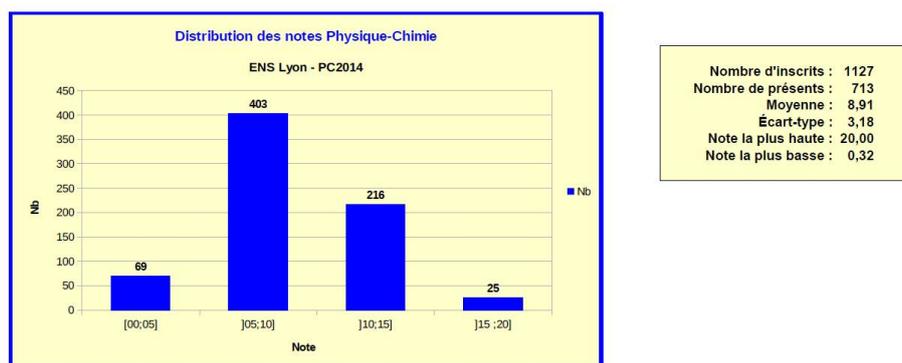


Figure 1 – Statistiques relatives à l'épreuve physique-chimie de ENS de Lyon.

Nous avons noté que les candidats ont, généralement, apporté un plus grand soin dans la rédaction de la partie chimie. Cela est peut-être liée à la situation en seconde partie de la physique. Ce point, en particulier pour la physique, sera détaillé dans la suite de ce rapport.

Encore une remarque très générale. Les candidats doivent impérativement lire les avertissements figurant sur la page de garde ou l'entête du sujet. Il leur était notamment demandé de composer les parties chimie et physique sur des copies différentes et de les remettre séparément. Cette consigne n'a pas toujours été respectée.

II Partie chimie.

II.A Commentaires généraux.

Le sujet de chimie proposé, traitant de la chimie des dérivés polyaromatiques, a été construit dans un souci de progressivité. Il présentait trois parties qui pouvaient être traitées de manière totalement

indépendante. Après avoir étudié d'un point de vue théorique le benzène, différents polyacènes et hélicènes sont comparés en s'appuyant sur des valeurs d'énergie d'orbitales moléculaires, ou des données thermodynamiques présentées en annexe. Dans une seconde partie, le candidat doit utiliser des données spectroscopiques RMN ou UV-visible pour distinguer différents dérivés polyacéniques. Enfin, une dernière partie d'application en synthèse organique pour accéder à des structures polyaromatiques était proposée.

La première partie du sujet a été traitée de manière préférentielle, souvent au détriment de la troisième. De manière générale, de nombreux candidats n'ont pas su répondre de manière concise aux questions généralistes qui proposaient par exemple de rappeler les hypothèses mises en place pour un calcul de Hückel simple, oubliant trop fréquemment de répondre à toutes les sous-questions d'un item. Le jury a été particulièrement sensible aux candidats qui détaillaient de manière claire les différents calculs demandés plutôt que de présenter un résultat final brut. Il est également important de rappeler que le candidat se doit d'exprimer un résultat dans l'unité demandée et non pas dans l'unité de son choix. Une grande majorité des candidats a répondu tout à fait convenablement aux questions relatives à l'expression du potentiel de Lennard-Jones, les questions traitant des interactions moléculaires ayant toutefois été très souvent négligées, faisant trop souvent apparaître la notion de "liaison hydrogène stabilisante" dans la structure du pentahélicène.

La seconde partie a été largement abordée par les candidats montrant une très bonne maîtrise des déplacements chimiques en RMN, à la fois dans l'attribution (distinction entre les déplacements de protons aromatiques et aliphatiques) que dans la prévision (distinction entre protons aromatiques équivalents ou non) des signaux RMN des composés proposés. La notion de "proton équivalent" pour le spectre de l'hexacirculène a paru évidente pour tous ceux qui ont répondu à cette question.

Concernant la troisième partie, l'erreur sur la formule brute du NBS (compté juste pour les candidats ayant traité la question factuellement), ne semble pas avoir eu de conséquences sur les candidats qui s'y sont intéressés. Le jury a toutefois été surpris de constater la difficulté que représente l'analyse des données expérimentales (rôle de NaI, chauffage, précaution opératoire, choix du solvant,...), ainsi qu'un automatisme de réponse "réaction de Diels-Alder" dès lors que la réaction mise en jeu implique une double liaison. Indépendantes de la voie de synthèse envisagée, ces questions, lorsqu'elles ont été traitées, font apparaître d'importantes lacunes comme par exemple la structure et la classification des solvants usuels tels que THF ou DMF (polaire/apolaire, protique/aprotique), les candidats se contentant de souligner qu'il s'agissait de solvants non-aqueux.

II.B Points particuliers.

Nous détaillons ici les différentes difficultés rencontrées par les candidats.

- Question 8 : L'énergie de résonance du benzène est souvent donnée négative alors qu'une valeur positive est attendue.
- Question 9 : L'écriture des formes mésomères du naphthalène fait apparaître deux types de liaisons : "1/3 double, 2/3 simple". Ceci a été très peu mentionné.
- Question 15 : L'expression du potentiel de Lennard-Jones, bien que hors programme, a été retrouvée par beaucoup de candidats. À partir de la contribution stabilisante à longue distance en $1/R^6$ (forces de London) et par analyse dimensionnelle des données numériques détaillées dans le tableau en annexe, cette expression pouvait être déduite.
- Question 24 : Pour expliquer le passage d'un hélicène à un circulène, la plupart des candidats mentionnent une réaction de Diels-Alder alors qu'il s'agit formellement d'une réaction de déshydrogénation.
- Question 28 : Diagramme d'énergie des états S0, S1, S2 et S3 : confusion dans les réponses démontrant pour la plupart des candidats des difficultés de compréhension.

- Question 44 : Bien que la formule brute du N-bromosuccinimide (NBS) donnée soit fautive (C_4NBrO_2 au lieu de $C_4NBrO_2H_4$), beaucoup de candidats ont corrigé d'eux-mêmes et donné une structure de Lewis correcte. Ceux qui ont donné une structure en accord avec la formule indiquée ont également obtenu les points de la question.
- Questions 47 à 54 : La double Diels-Alder de la question 47 fut très peu trouvée par les candidats. Cette erreur, pratiquement systématique, a induit des schémas faux pour le reste des questions.

II.C Conclusion.

Le jury a eu le plaisir de corriger des copies soignées, de bonnes qualités rédactionnelle et scientifique. Il souhaite également souligner qu'une grande partie des candidats possède un bon niveau de culture scientifique général, ayant répondu très correctement à des questions telles que la découverte du benzène et les limitations de la méthode de calcul Hückel simple.

III Partie physique.

III.A Introduction.

La partie consacrée à la physique portait sur l'étude de la réponse linéaire, à une excitation, de systèmes relevant de différents domaines de la physique (électronique, optique, électromagnétisme). Elle couvrait un spectre assez large des notions enseignées en première et seconde années de CPGE et offrait aux candidats la possibilité d'aborder indépendamment les différentes parties. Il n'était pas nécessaire de traiter l'ensemble du sujet pour obtenir une note plus que satisfaisante. Les candidats qui ont fait le choix de travailler en profondeur certaines parties ont, statistiquement, eu les meilleures notes. Nous notons cependant qu'encore trop peu d'entre eux optent pour cette stratégie, les autres traitant les questions de manière trop superficielle (papillonnage, manque voire absence de rédaction, résultats "parachutés", paraphrasage de l'énoncé en guise d'explication, schémas inexploitable). Quelques candidats ont pu être un peu désarçonnés par certaines questions qui, en soi, ne présentaient pas de véritable difficulté, mais dont la formulation a pu leur paraître déroutante. Quelques candidats cherchent à "plaquer" des résultats du cours sans les adapter à la situation. En dépit de ces remarques, nous avons noté un bon niveau général même si la première partie (électronique) a révélé des lacunes sur des concepts de base. Nous y reviendrons plus en détail par la suite. Soulignons enfin que quelques compositions ont été remarquées par la rigueur des développements, leur clarté et le soin apporté à leur rédaction.

III.B Remarques portant sur la forme.

Nous mentionnons ici les points les plus marquants se rapportant à la rédaction des compositions.

De trop nombreuses copies sont rédigées sans le moindre soin, au point de devenir parfois incompréhensibles (davantage que les années précédentes) ; sans numéro de question, sans mise en valeur des résultats, phrases rédigées en langage "SMS" et utilisation abusive des abréviations, peu d'usage des couleurs... Ces candidats s'exposent au risque d'être mal, voire pas, compris. Un effort doit être porté sur la rédaction et la présentation. La communication écrite est un outil que les candidats doivent maîtriser. Il leur servira dans leurs études tout comme dans leur vie professionnelle. La clarté et la rigueur des développements reflètent celles du raisonnement. Il est légitime que les candidats visent à traiter le maximum du sujet, mais ils doivent également veiller à ne pas sacrifier la rédaction.

Nous incitons les candidats à ne pas négliger les débuts de chaque partie. Ils sont généralement proche du cours, très abordables et permettent une entrée progressive dans l'étude. "Massacrer" les premières questions n'est donc, en aucun cas, une bonne stratégie. Si le papillonnage n'est pas sanctionné, il est

par contre inacceptable que des questions de cours soient bâclées au point de conduire à des réponses aberrantes. Nous encourageons les candidats à relire leur copie afin de détecter ce type d’“énormités”.

III.C Remarques portant sur le fond.

III.C.a Partie électronique.

- Remarques générales.

Cette partie s’est révélée assez décevante et fut moins bien traitée que les suivantes. Les questions étaient plutôt simples mais demandaient un peu de recul sur la notion de filtrage, l’interprétation des diagrammes de Bode et la décomposition en série de Fourier. Les calculs étaient élémentaires (simple raisonnement sur la fonction de transfert d’un système du premier ordre), l’accent était placé sur la compréhension du filtrage. La partie électronique devait permettre aux candidats d’ancrer leur raisonnement sur un système connu, pour progresser ensuite vers des dispositifs plus complexes. Il s’agissait également de se mettre en confiance. Ce ne fut pourtant pas le cas pour une grande majorité des candidats qui rencontrèrent des difficultés sérieuses et révélèrent une compréhension souvent trop superficielle de la notion de filtrage.

- Remarques spécifiques.

Nous avons constaté d’importantes lacunes de cours. De nombreux candidats confondent filtres passe-bas, passe-haut et passe-bande, et semblent méconnaître la notion d’ordre d’un filtre. Certains n’associent pas correctement des systèmes physiques à une fonction de transfert (simple) donnée. Une rapide étude asymptotique en fréquence permet pourtant d’effectuer aisément une validation. Enfin, soulignons qu’il est absolument indispensable de préciser où sont mesurées les entrée et sortie lorsque l’on définit une fonction de transfert !

Le GdB est parfois mal défini. Les diagrammes de Bode sont tracés sans aucune explication. Rappelons que ces diagrammes (gain ET phase!) recèlent toutes les informations décrivant la réponse linéaire d’un système et ne s’utilisent pas qu’en électronique. Les analyses fréquentielle et temporelle d’un signal ne sont pas maîtrisées par certains candidats. Si l’analyse spectrale d’un signal périodique ne figure pas explicitement au programme de la classe de PC, on peut néanmoins regretter que l’enseignement expérimental de l’électronique n’ait pas aidé ces candidats à établir mieux le lien entre les représentations temporelle et fréquentielle d’un signal simple. L’analyse fréquentielle leur apparaît souvent être un outil éthéré sans usage pratique.

En électronique également, le sens physique et un peu de bon sens permettent souvent de déceler des erreurs (parfois grossières) dans les résultats trouvés.

III.C.b Partie optique.

- Remarques générales.

Les candidats qui ont abordé la partie optique l’ont généralement bien traitée, quelques-uns l’ont cependant sauté après une ou deux questions. En règle générale, les candidats qui lui ont consacré du temps ont eu une bonne note finale. Elle comportait quelques questions assez difficiles dont celles portant sur la position de la lentille en aval de l’objet diffractant. Les calculs nécessitaient du soin. Les interprétations et commentaires ont été parfois trop superficiels.

- Remarques spécifiques.

Certains candidats ont très bien traité les questions délicates du problème (9a - 9d). La question relative à la traduction du stigmatisme en terme de chemin optique est à la limite du programme, ou du moins, s’agit-il d’une question laissée à la libre interprétation du programme par l’enseignant. Des

schémas précis ont pu guider la réflexion et les calculs des candidats. Il était nécessaire d’y consacrer du temps pour comprendre la démarche suggérée et conduire correctement les calculs.

L’optique de Fourier, à proprement parler, a été souvent abordée de façon satisfaisante. Certaines copies révèlent même un véritable recul sur les analogies entre filtrage temporel (électronique) et filtrage spatial (optique). Notons encore quelques excellentes copies sur l’analyse du signal et la détermination des paramètres géométriques (a et b) du réseau.

Une très grande majorité de candidats “tente de justifier” l’expression de l’amplitude de l’onde diffractée (question 7) par une démonstration tout-à-fait fantaisiste. Une seule relation de Chasles sur le chemin optique ne suffit pas à démontrer l’expression proposée ! Pour cette question, une démonstration rigoureuse, invoquant le théorème de Malus conjugué au principe de retour inverse de la lumière, et appuyée sur un schéma clair, n’a été que trop rarement proposée. Les candidats doivent garder à l’esprit qu’il est préférable de consacrer du temps pour exposer clairement un raisonnement, plutôt que de sauter des étapes et laisser les correcteurs faire le tri des idées lancées. C’est la condition pour obtenir le maximum de point à une question.

La définition de l’intensité lumineuse (dans le contexte de l’optique) est souvent erronée, une majorité des candidats oubliant d’effectuer la moyenne de la puissance lumineuse sur le temps de réponse du capteur. Concernant l’unité, le $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ et la candela sont le plus souvent proposées. Attention à la confusion entre lux et lumens ; un lux est une unité d’éclairement par unité de surface, donc homogène à une puissance surfacique alors que le lumen est homogène à une puissance.

III.C.c Partie électromagnétisme.

- Remarques générales.

Cette partie, assez proche du cours, a été pourtant abordée de façon trop superficielle (peut-être à cause de sa situation en troisième partie). Beaucoup de candidats ont reconnu des notions déjà vues dans le cadre du cours ou d’exercices. Par contre, la formulation proposée semble en avoir dérouté certains. Les ordres de grandeurs trouvés, lorsqu’ils sont aberrants, ne donnent pas toujours lieu à de l’étonnement, ce qui est regrettable. Nous soulignons encore la tendance constatée de répondre à certaines questions par une succession de mots-clés se rapportant sans doute à des parties de cours ou des exercices déjà rencontrés dans un cadre analogue. Il est essentiel de bien comprendre la question posée avant de tenter d’y répondre !

- Remarques spécifiques.

Les quelques copies où les équations de Maxwell étaient outrageusement (dimensionnellement, notamment) fausses ont, de fait, été pénalisées puisqu’il s’agissait de la première question. Ces équations sur lesquelles s’appuient notamment l’électrostatique et la magnétodynamique devraient être bien connues.

Nous avons noté des valeurs (ou déterminations) fortement erronées de la valeur de n (densité volumique d’électrons libres dans un métal) et du temps caractéristique τ intervenant dans le modèle de Drude. Quelques candidats obtiennent des valeurs qui devraient les faire immédiatement réagir (par exemple $\tau = 10^{25}$ s). Il en est de même pour les questions portant sur le facteur de qualité ou sur la pulsation plasma. Ces erreurs peuvent être décelées avec un minimum de bon sens et quelques repères d’ordre de grandeur.

L’ARQS est souvent mal présentée et peut-être alors mal comprise. Certains candidats confondent ARQS et régime strictement statique. Quelques-uns présentent l’ARQS comme une limite où les courants ont plus d’influence que les charges...

La notion de puissance volumique moyenne reçue par la matière, de la part d’un champ EM, n’est pas toujours maîtrisée. Celle de moyenne temporelle n’est pas toujours comprise. Certains candidats appliquent la relation $P = \vec{j} \cdot \vec{E}$ en conservant \vec{j} et \vec{E} en notation complexe.

L'étude du régime plasma est restée superficielle. La courbe de dispersion est souvent erronée, la pulsation de coupure n'apparaissant pas. La notion de dispersion est parfois mal comprise, certains candidats pensant que le milieu est d'autant plus dispersif que l'on s'éloigne de la pulsation plasma.

La partie (délicate) sur les oscillations de charge a été abordée par moins de dix candidats.

La dernière partie était loin d'être la plus difficile. D'ailleurs, elle a été abordée avec succès par des candidats qui maîtrisaient les bases du cours sur les diélectriques en régime variable.

★ ★
★