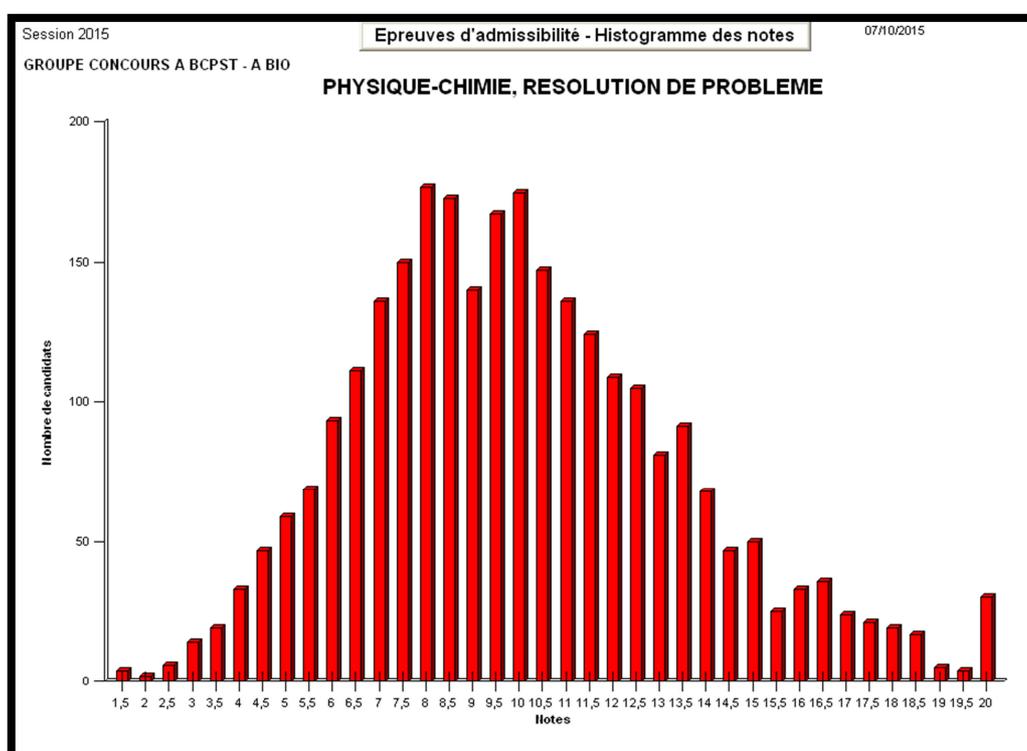


COMMENTAIRES SUR LES EPREUVES DE SCIENCES PHYSIQUES

<i>Épreuve écrite de Physique-Chimie, résolution de problème.....</i>	<i>2</i>
<i>Epreuve écrite de Physique-Chimie, analyse de documents scientifiques.....</i>	<i>8</i>
<i>Épreuve orale de Chimie, argumentation et échange</i>	<i>13</i>
<i>Épreuve orale de Physique, argumentation et échange.....</i>	<i>23</i>
<i>Épreuve orale de Chimie, activité expérimentale.....</i>	<i>31</i>
<i>Épreuve orale de Physique, activité expérimentale.....</i>	<i>38</i>

Épreuve écrite de Physique-Chimie, résolution de problème

Concours	Nb cand.	Moyenne	Ecart type	Note la plus basse	Note la plus haute
A BIO	2747	9,99	3,45	1,5	20
A ENV	1811	10,05	3,47	1,5	20
A PC BIO	1124	10,14	3,48	1,5	20



Le sujet, constitué de six parties complètement indépendantes, couvrait une large partie des programmes de chimie des deux années des classes BCPST. À l'intérieur de chaque partie, de nombreuses questions pouvaient être traitées de manière indépendante. Chaque partie était reliée à la réactivité ou à l'utilisation du dioxyde de carbone.

Avant de détailler les différentes questions du sujet, voici quelques remarques générales :

- Contrairement aux années précédentes, le jury a remarqué un relâchement assez général dans la présentation et la rédaction des copies. Rappelons que la présentation des copies, la lisibilité de l'écriture, la mise en valeur des résultats, la rédaction des réponses, la clarté de l'expression française ainsi que l'orthographe et la grammaire sont explicitement pris en compte dans le barème.

- La rigueur dans l'usage de l'outil mathématique n'est pas réservée aux épreuves de mathématiques. L'intégration d'une fonction à une variable, la résolution d'une équation à

une inconnue ou l'analyse asymptotique d'une courbe ne devraient pas être des compétences bloquantes dans un problème de chimie.

- Le sujet comportait de nombreuses questions simples et très proches du cours. Dans ce cas, le jury est particulièrement exigeant quant à la qualité du développement qui amène à la réponse. En particulier, fournir le résultat sans aucune explication ne rapporte aucun point. De manière générale, une réponse doit toujours être justifiée pour se voir attribuer des points.

- Il est recommandé de toujours établir une formule littérale avant de réaliser une application numérique : d'une part des points sont généralement explicitement attribués à la donnée de l'expression littérale, d'autre part cette expression permet au candidat de vérifier l'homogénéité de son résultat.

- Les résultats numériques doivent toujours être accompagnés d'une unité. Toute absence d'unité ou erreur dans l'unité entraîne une sanction totale en termes de points attribués.

- L'usage de la calculatrice était autorisé pour ce sujet. Le jury rappelle que le nombre de chiffres significatifs d'une application numérique doit être déterminé en fonction des données numériques fournies dans l'énoncé, de même les arrondis doivent être traités avec attention.

- L'écriture des équations de réaction doit impérativement être équilibrée en atomes et en charge. En particulier, les électrons ne doivent jamais apparaître dans le bilan d'une réaction qui se déroule en solution.

- Concernant l'écriture des mécanismes en chimie organique, le jury attache une importance particulière à la justesse des flèches courbes de déplacement des électrons, à l'écriture des charges formelles et des doublets électroniques liants et non-liants impliqués dans la réactivité des molécules. Il convient d'écrire pour chaque étape du mécanisme des flèches de micro-réversibilité caractérisant un acte élémentaire et de ne pas confondre les flèches d'écriture d'un équilibre chimique avec la flèche d'écriture de formes mésomères. De plus chaque étape doit être équilibrée en atomes et en charge. Le jury invite les candidats à être attentifs à ne pas mélanger dans le même mécanisme des fonctions protonées (présentes uniquement en catalyse acide) et des fonctions déprotonées (présentes uniquement en catalyse basique).

- Le jury a noté une grande confusion chez les candidats entre les notions cinétiques et thermodynamiques. Rappelons par exemple qu'il n'y a aucun lien entre la valeur de la constante d'équilibre d'une réaction et la vitesse de cette réaction (une réaction peut très bien être à la fois totale et lente, ou limitée et rapide), que catalyser une réaction ne fait pas augmenter la valeur de la constante d'équilibre et ne modifie pas le rendement, et qu'une réaction endothermique peut tout à fait être spontanée.

- Le jury rappelle enfin qu'il est sensible à l'honnêteté intellectuelle des candidats et à la cohérence des réponses les unes avec les autres.

Pour chaque question, deux nombres sont indiqués : le premier est le pourcentage de candidats qui ont traité la question, le deuxième est le pourcentage de candidats – parmi les candidats qui ont traité la question – qui ont obtenu au moins 75 % des points de la question.

A. Le dioxyde de carbone : un gaz à effet de serre

A1. (94, 49) La structure de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone a été bien écrite par quasiment tous les candidats. En revanche, la théorie VSEPR est moyennement maîtrisée, en particulier la nomenclature AX_nE_p . De très nombreux candidats ont répondu que la molécule de CO_2 est plane, ce qui est certes vrai (la molécule ne comptant que trois atomes) mais n'est pas suffisant pour décrire sa géométrie.

A2. (86, 30) Le caractère vectoriel du moment dipolaire de liaison est connu de la plupart des candidats. Le jury rappelle qu'un moment dipolaire électrique est par convention orienté de la charge négative vers la charge positive.

A3. (86, 57) et **A4.** (68, 49) Aucune connaissance préalable en spectrophotométrie infrarouge n'était nécessaire pour répondre à ces questions. Le jury félicite la part importante de candidats qui a su analyser correctement les données fournies dans l'énoncé pour déterminer les modes de vibration actifs et identifier les deux modes dégénérés.

B. Stockage du dioxyde de carbone dans les océans

B1. (92, 52) Un grand nombre de candidats a confondu la concentration en CO_2 dans la phase gaz (qu'on peut obtenir en utilisant la loi de gaz parfaits) et la concentration en CO_2 dans la phase aqueuse (obtenue à partir de la valeur de la constante d'équilibre). Rappelons que l'activité d'un gaz parfait est égale au quotient de sa pression partielle par la pression standard, et que l'omission de la pression standard rend les expressions inhomogènes.

B2. (94, 73) De nombreux candidats ont su considérer les données numériques de la figure 2 pour obtenir le caractère décroissant de la constante d'équilibre en fonction de la température. Tous les raisonnements pertinents et argumentés permettant d'en déduire le signe de $\Delta_r H^\circ_1$ (utilisant de manière explicite ou non la loi de Van't Hoff) ont été valorisés.

B3. (75, 6) Cette question a été très mal traitée. Lorsque la loi de Van't Hoff était correctement énoncée, c'est souvent la mauvaise utilisation de l'outil mathématique qui a empêché les candidats d'obtenir une valeur numérique correcte pour $\Delta_r H^\circ_1$. Le jury tient à rappeler que lorsqu'on dispose de tout un ensemble de points réunis par une régression linéaire (dont l'équation était de plus fournie dans l'énoncé), il est contre-productif de recalculer la pente de la droite en utilisant deux points pris au hasard dans le tableau de données : le résultat obtenu par cette méthode ne peut pas être considéré comme correct. Parmi les candidats qui ont obtenu un résultat numérique correct avec une unité cohérente, la plupart a considéré à tort qu'une énergie d'environ $20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ est une très forte énergie, ce qui ne les a d'ailleurs pas empêchés d'en déduire l'existence d'interactions de faible énergie. Le jury a également noté qu'un grand nombre de candidats confond « commenter l'ordre de grandeur » avec « commenter le signe ».

B4. (88, 45) Quasiment la moitié des candidats pense que la constante thermodynamique d'un équilibre dépend de la pression. Le jury rappelle que la constante thermodynamique d'un équilibre ne dépend que de la température.

B5. (93, 90) Le lien entre les constantes d'équilibre a généralement été correctement identifié.

B6. (91, 54) De nombreux candidats ne lisent pas l'énoncé avec suffisamment d'attention et ont tracé un diagramme faisant figurer des espèces qui n'étaient pas mentionnées dans la question.

B7. (91, 49) Environ un quart des candidats semble penser que la solution devient basique lorsqu'on dissout un acide dans l'eau. Une justification brève mais argumentée de l'acidification de la solution était nécessaire pour obtenir la totalité des points de la question.

B8. (92, 27) L'utilisation d'un diagramme de prédominance est assez mal maîtrisée par les candidats. Une argumentation chiffrée, même brève, était nécessaire pour obtenir la totalité des points de la question.

B9. (64, 9) La détermination de l'état d'équilibre d'un système siège d'une unique réaction de constante d'équilibre connue n'est pas du tout maîtrisée par les candidats. Si certains candidats pensent à énoncer les approximations utilisées (quand elles sont bien identifiées), très peu pensent à vérifier la pertinence de ces approximations une fois le résultat obtenu.

B10. (76, 8) Une part importante de candidats a réussi à donner l'expression de C_t en fonction de la concentration $[\text{H}_3\text{O}^+]$. En revanche, quasiment aucun candidat n'a su identifier les trois domaines où l'expression se simplifie pour donner une représentation linéaire. De nombreux

candidats ont même cru reconnaître une courbe exponentielle croissante dans la courbe linéaire par morceaux présentée figure 3.

B11. (73, 85) Cette question uniquement qualitative a généralement été bien traitée.

B12. (60, 22) De nombreux candidats ont reconnu des interactions entre les différents paramètres, mais assez peu ont su identifier le caractère complexe de la boucle de rétroaction, à savoir qu'une partie des paramètres tend à faire augmenter la quantité de CO₂ stockée alors qu'une autre partie tend dans le même temps à la faire diminuer. Le jury félicite les candidats qui ont pris l'initiative d'illustrer leur réponse par un schéma résumant les différentes interactions.

C. Valorisation du dioxyde de carbone par électrolyse

C1. (91, 39) Les candidats ont parfois fait preuve de beaucoup d'inventivité pour écrire la configuration électronique du carbone. Rappelons que, par convention, il est recommandé d'écrire un nombre d'oxydation en chiffres romains et qu'un nombre d'oxydation est défini pour un atome (pas pour toute une molécule). La donnée des nombres d'oxydation minimum et maximum du carbone sans aucune justification ne permettait pas d'obtenir les points de la question.

C2. (91, 71) Pour obtenir la totalité des points de cette question, il ne suffisait pas de déterminer les nombres d'oxydation du carbone, il fallait également classer les espèces en fonction du résultat obtenu, comme le demandait l'énoncé.

C3. (90, 92) L'attribution des domaines de stabilité/prédominance a généralement été bien faite. Une justification excessivement détaillée n'était pas considérée comme utile à ce stade.

C4. (76, 15) L'utilisation d'un diagramme potentiel-pH pour déterminer la réaction thermodynamiquement attendue n'est pas du tout maîtrisée par les candidats. De très nombreux candidats ont écrit une réaction acido-basique, et parmi ceux qui ont identifié qu'il s'agissait d'une réaction d'oxydoréduction, de trop nombreux candidats se sont contenté d'écrire une demi-équation redox en guise d'équation de réaction.

C5. (81, 75) L'identification des couples redox impliqués n'a pas posé de problème (ils étaient donnés dans l'énoncé), mais l'équilibre des demi-équations et du bilan en atomes et en charge n'est pas maîtrisé par un certain nombre de candidats.

C6. (73, 40) Le schéma de principe d'une pile comporte deux compartiments reliés par une jonction électrolytique, il fallait également identifier l'anode siège de l'oxydation et la cathode siège de la réduction. Un trop grand nombre de candidats fait circuler les électrons dans la jonction électrolytique.

C7. (66, 46) L'expression de la constante thermodynamique d'une réaction électrochimique en fonction des potentiels standards des couples impliqués est connue correctement par seulement une moitié des candidats.

C8. (45, 0) Le jury a constaté avec stupeur qu'environ un tiers des candidats pense qu'il est possible avec un système donné de récupérer davantage d'énergie que ce qui a été mis en jeu pour le fabriquer, et qu'un encore plus grand nombre pense qu'une source d'énergie renouvelable permet d'obtenir une énergie gratuite ! Le jury attendait du candidat qu'il identifie la conversion de l'énergie électrique en énergie chimique comme une manière d'optimiser le stockage et le transport de l'énergie.

D. Synthèse des polycarbonates par la voie phosgène

D1. (91, 2) Quasiment aucun candidat n'a su identifier le caractère explosif de la réaction (réaction rapide qui produit plus de quantité de matière de gaz qu'elle n'en consomme).

D2. (87, 30) Pour environ un quart des candidats, un diol serait forcément plus acide qu'un alcool parce qu'il possède deux fonctions qui peuvent être déprotonées ! Parmi les candidats qui ont identifié la stabilisation de la base conjuguée du bisphénol par mésomérie, seuls ceux qui ont réellement écrit les différentes formes mésomères se sont vus attribuer l'ensemble des

points. Il fallait également comparer les ordres de grandeur des pK_A de l'alcool, du phénol et de la soude pour obtenir la totalité des points de la question.

D3. (95, 49) Pour obtenir la totalité des points de la question, il fallait utiliser la forme déprotonée du bisphénol (puisque la réaction se déroule en milieu basique) dans un mécanisme d'addition-élimination (et non substitution nucléophile comme cela a été très souvent écrit) et équilibrer en atomes et en charge chaque étape élémentaire du mécanisme.

D4. (57, 14) Une fois de plus, seuls les candidats qui ont équilibré l'équation de réaction se sont vus attribuer les points de la question.

D5. (77, 36) Si le caractère symétrique de la molécule a été identifié par la plupart des candidats, la distinction des deux groupes de protons aromatiques a souvent laissé à désirer (de nombreux candidats ont pensé que les deux groupes de protons aromatiques correspondaient aux protons portés par chacun des deux cycles). L'attribution précise des deux signaux entre 6 et 7 ppm aux deux groupes de protons aromatiques n'était pas nécessaire pour obtenir la totalité des points de la question. Les candidats qui ont rempli un tableau présentant intégration, multiplicité et déplacement chimique mais sans relier ces données avec les protons portés par la molécule n'ont obtenu aucun point.

D6. (59, 17) Le jury a de nouveau constaté que de nombreux candidats ne lisent pas l'énoncé avec suffisamment d'attention : il fallait bien comparer les spectres du bisphénol avec ceux du polymère, et non comparer le spectre IR avec le spectre RMN.

E. Synthèse de polycarbonates par copolymérisation du dioxyde de carbone avec les époxydes

E1. (61, 15) La structure du ligand salenH₂ a été correctement écrite par une part importante de candidats. En revanche, alors qu'il était demandé d'« expliquer l'influence du pH », de nombreux candidats se sont contentés de « décrire l'influence du pH », description qui était d'ailleurs donnée dans l'énoncé (« un milieu acide provoque la dissociation du complexe ») et qui donc ne permettait pas d'obtenir les points de la question. Le jury attendait du candidat qu'il indique le caractère acide faible du ligand salenH₂ et le fait que salenH₂ est un moins bon ligand que salen²⁻.

E2. (54, 2) Le degré d'oxydation du métal dans le complexe n'a été correctement déterminé que dans un nombre très faible de copies, et même lorsque le degré d'oxydation était correct, les candidats ne savent manifestement pas déterminer la configuration électronique d'un cation métallique. Le jury a constaté une fois de plus que les candidats ne lisent pas attentivement l'énoncé : un grand nombre de candidat a indiqué la configuration électronique du métal alors que l'énoncé demandait la configuration électronique de l'ion métallique.

E3. (60, 75) La méthode de fabrication d'un époxyde à partir d'un alcène est globalement bien connue des candidats.

E4. (70, 51) Cette question a été relativement mal traitée considérant qu'il s'agissait d'une question de cours (mécanisme d'addition d'un organomagnésien sur un époxyde). Le jury souligne que l'énoncé demandait la structure du produit *avant* hydrolyse, une fois de plus les candidats n'ont pas lu l'énoncé et ont quasiment tous écrit la structure du produit *après* hydrolyse, ces candidats ont tout de même reçu les points de la question.

E5. (49, 19) Pour obtenir les points de cette question, il fallait identifier que le site nucléophile est la liaison métal-oxygène et que le site électrophile est le carbone du dioxyde de carbone.

E6. (41, 19) De même pour obtenir les points de cette question, il fallait identifier que le site basique/nucléophile est la liaison métal-oxygène et qu'il s'agit d'une réaction acido-basique avec le proton de la fonction alcool.

E7. (34, 17) Cette question demandait plus de réflexion que de connaissance : la longueur du polymère n'est pas modifiée par la réaction parasite mais sa croissance est stoppée, le catalyseur restant actif à la suite de cette réaction.

F. Synthèse des polycarbonates par le procédé Asahi Kasei

F1. (41, 19) Seuls les candidats qui ont écrit le mécanisme en catalyse acide ont pu éviter la coexistence de fonctions protonées et déprotonées dans ce mécanisme de trans-estérification. Le jury rappelle que les carbones trivalents (ici l'équivalent d'une fonction ester) ne peuvent pas subir de substitution nucléophile mais un mécanisme d'addition-élimination.

F2. (35, 24) Le mécanisme de la réaction d'acétalisation a assez souvent été bien écrit, en revanche les conditions expérimentales qui permettent la protection et la déprotection de la fonction carbonyle sont mal connues.

F3. (36, 63) Pour obtenir les points de la question, il fallait représenter un diagramme binaire comportant des indications sur la nature de l'abscisse et de l'ordonnée, le dessin d'un fuseau simple, les températures d'ébullition des deux constituants du mélange et l'indication de la composition des phases dans chaque zone du diagramme.

F4. (21, 25) Le principe d'une distillation simple est vaguement connu par la plupart des candidats, mais rarement expliqué de manière précise.

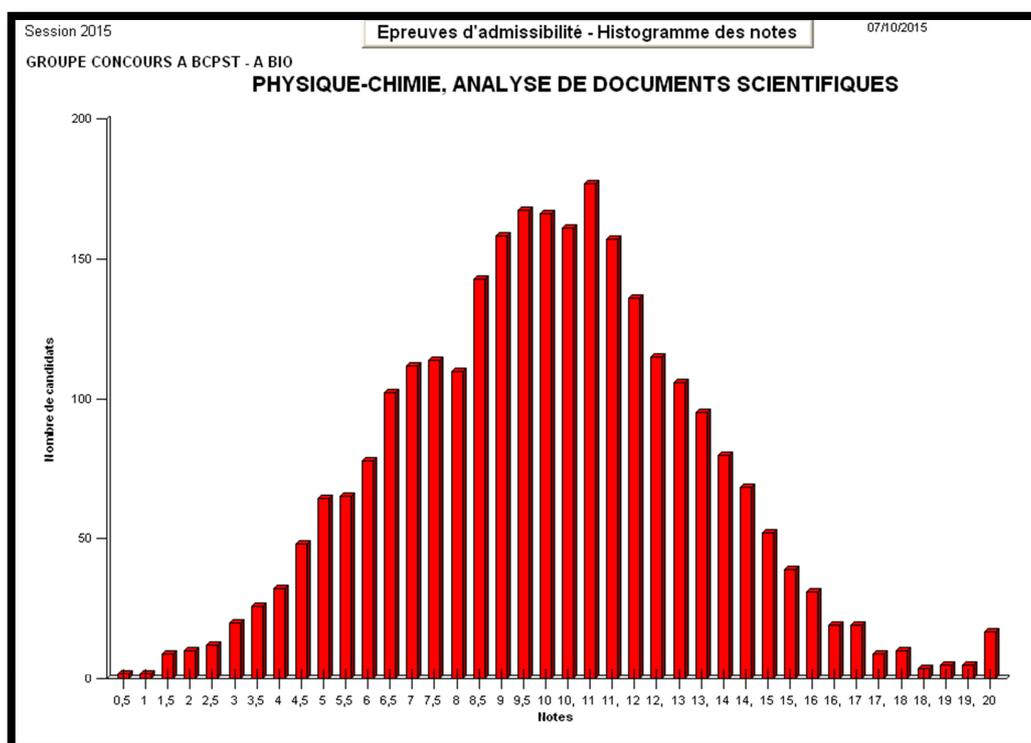
F5. (19, 1) Cette question nécessitait de faire la synthèse des différents avantages du procédé Asahi Kasei décrits dans l'énoncé.

Correcteurs : Anne Castagna, Andrei Corbu, Fabien Corré, Alexandre Embert, Sébastien Gagneur, Thomas Gerriet, Claire Giroud, Miryana Hémadi, Valérie Laurent, Fayna Mammeri, Luc Martel, Benoît Piro, Mallorie Roux, Anne Schabanel.

Expert et Rapporteur: Claire Giroud.

Epreuve écrite de Physique-Chimie, analyse de documents scientifiques

Concours	Nb cand.	Moyenne	Ecart type	Note la plus basse	Note la plus haute
A BIO	2745	10,02	3,36	0,5	20
A ENV	1809	10,07	3,34	0,5	20
A PC BIO	1123	10,13	3,43	0,5	20



L'épreuve d'analyse de documents scientifiques en physique-chimie est une épreuve d'un type nouveau au concours. Son objectif est d'évaluer des compétences et des capacités variées, précisées dans les programmes officiels, notamment au paragraphe 3 (*Approches documentaires*) de la partie 1 (*Démarche scientifique*) des programmes de physique-chimie de seconde année de la voie BCPST. L'épreuve fait appel aux compétences d'appropriation, d'analyse, de réalisation, de validation et de communication écrite qui font partie de la démarche scientifique. L'accent est mis, davantage que dans une épreuve classique, sur l'autonomie dans la prise d'informations, le questionnement sur un problème et la capacité de réaliser une argumentation rédigée.

Présentation générale de l'épreuve

Le sujet comporte un thème et une problématique générale. Des documents scientifiques, issus pour la plupart de travaux de recherche, servent de support au travail demandé aux candidats. Le thème de cette année portait sur le mécanisme du mouvement rapide de la plante carnivore dionée (*Dionaea muscipula*). La problématique générale était de comprendre comment la dionée, organisme dépourvu de muscles, est capable de mouvements

extrêmement rapides lors de la fermeture du piège. Bien entendu, l'ampleur de ce problème interdisait une étude exhaustive du sujet, qui est d'ailleurs un thème de recherche toujours actuel. L'épreuve ne portait que sur un élément de réponse basé sur des travaux récents.

Le mouvement rapide de fermeture du piège serait provoqué, selon l'une des hypothèses, par un transport d'eau à travers l'épaisseur de la feuille. Le sujet proposait de tester cette hypothèse en comparant la durée de fermeture du piège mesurée expérimentalement avec la durée caractéristique évaluée par deux modèles de transport d'eau à travers le tissu végétal. Il s'avère que cette dernière durée est d'un ordre de grandeur bien supérieur à celui de la durée expérimentale (plusieurs minutes contre quelques dixièmes de secondes), ce qui semble infirmer l'hypothèse. Une discussion critique et prospective était demandée au candidat en conclusion de l'étude.

Les questions proposées aux candidats sont regroupées en trois parties. La partie 1 porte sur des notions du programme en lien avec le thème. L'un des objectifs est de préparer l'analyse des documents en dégagant des notions, des concepts et des résultats sur lesquels les candidats pourront s'appuyer dans la partie 2. Les questions de la partie 1 restent proches du cours et s'efforcent de mettre en œuvre, dans des configurations classiques, les capacités exigibles du programme. Il peut être fait appel aux documents pour en extraire des informations. Cette partie doit valoriser le travail de tout candidat ayant effectué une préparation sérieuse.

Les documents sont étudiés plus en profondeur dans la partie 2. On attend des candidats qu'ils soient capables d'extraire des informations des documents, de les analyser et de faire preuve d'esprit critique. Les notions et les résultats abordés dans la partie 1 servent de support pour une étude plus originale ou plus élaborée, notamment au niveau de la modélisation.

La partie 3 constitue une synthèse argumentée et rédigée de l'étude. Cette partie est plus ouverte et peut faire appel à des connaissances de culture générale ou acquises dans d'autres disciplines. Les aspects critiques et prospectifs sont particulièrement importants.

Commentaires généraux

Beaucoup de candidats se sont retrouvés en difficulté, dès la partie 1, sur des questions très classiques. Des lacunes importantes sur la connaissance du cours ont été relevées. Il a été aussi constaté un manque de maîtrise des outils mathématiques chez de nombreux candidats. Cette insuffisance atteint parfois un tel degré qu'elle en devient un handicap considérable pour l'étude de tout problème physique ou chimique. Nous conseillons aux futurs candidats de bien maîtriser l'ensemble du cours ainsi que les outils mathématiques listés dans les programmes officiels. De plus, chaque capacité exigible du programme doit pouvoir être mise en œuvre, au moins sur des cas simples.

S'il existe une certaine corrélation entre les prestations des candidats dans la partie 1 et dans la partie 2, un nombre non négligeable de candidats a bien réussi l'une de ces deux parties et pas l'autre. Ceci montre l'intérêt de cette nouvelle épreuve qui permet l'expression à la fois de candidats ayant de bonnes bases (partie 1) et de candidats ayant une bonne aptitude à analyser, en termes physiques, un document avec des aspects très variés.

Le soin apporté aux copies et la qualité de la rédaction et des explications sont extrêmement variables d'un candidat à l'autre. Nous conseillons aux futurs candidats de ne pas négliger cet aspect important de leur travail. Il importe notamment de bien justifier les résultats et les conclusions, particulièrement en répondant à des questions qui demandent d'établir, de montrer, d'expliquer, de déduire ou de justifier.

Commentaires détaillés

Partie 1

I.1 Énergie potentielle

Cette partie, très classique, a mis en difficulté un nombre étonnamment important de candidats. Beaucoup ont confondu x et ℓ ou ont mélangé ces deux variables dans les résultats. Le graphe de l'énergie potentielle est souvent fantaisiste, parfois sans rapport avec l'expression obtenue à la question précédente. L'établissement de l'équation du mouvement a donné lieu à des erreurs sur des notions élémentaires. Il va de soi que ce genre d'erreurs sur des questions de ce type sont impardonnables à ce niveau avec des répercussions déterminantes sur la note finale.

I.2 Potentiel hydrique

Ces questions ont révélé une méconnaissance assez générale du cours sur le potentiel chimique. Peu de candidats sont capables de définir l'état standard. Les capacités exigibles « Interpréter l'influence d'une variation de pression ou de température sur le potentiel chimique », « Exprimer et utiliser le potentiel chimique d'un constituant dans un mélange idéal (phase condensée, gaz) » sont rarement acquises. Beaucoup de confusions particulièrement graves ont été constatées : L'eau est souvent confondue avec un soluté dilué ou avec un gaz parfait. Le résultat correct du calcul numérique de la question e) n'a été obtenu que par un très petit nombre de candidats faute d'avoir converti les $\text{mol} \cdot \ell^{-1}$ en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$. Il est à noter qu'aucune connaissance sur la pression osmotique n'était attendue des candidats et que ceux-ci ont été mis en difficulté sur des questions générales sur le potentiel chimique. Pour la seule question qui faisait intervenir la pression osmotique (1-2 d), le résultat était donné dans les documents. De façon générale, nous n'attendons des candidats aucune connaissance ou capacité supplémentaire venant spécifiquement des approches documentaires du programme. Il est d'ailleurs tout à fait concevable de proposer dans cette épreuve une analyse de documents sans rapport avec les approches documentaires du programme. On ne saurait cependant exclure de l'épreuve une analyse de documents présentant un rapport avec l'une de ces approches documentaires.

I.3 Phénomènes de transport

Ces questions ont été dans l'ensemble bien réussies par les candidats. Lorsque l'écriture d'une loi est demandée (en l'occurrence la loi d'Ohm), il est recommandé de donner le nom des grandeurs impliquées. On conseille également de vérifier l'homogénéité ou la dimension des résultats afin d'éviter de donner des expressions de temps caractéristiques qui ne soient pas homogènes à un temps !

I.4 Circuit RC

Ces deux questions ont été raisonnablement bien traitées par les candidats même si un manque de rigueur a été souvent constaté. Ainsi, dans de nombreuses copies, les tensions ont été assimilées à des vecteurs et beaucoup d'expressions écrites n'étaient pas homogènes.

Partie 2

2.1 Valeurs mesurées

Cette question mettait en œuvre les notions et contenus du programme « incertitude élargie » et « présentation d'un résultat expérimental » et la capacité exigible « Exprimer le résultat d'une mesure par une valeur et une incertitude associée à un niveau de confiance ». Le calcul des valeurs moyennes à partir du tableau des résultats de mesure ne posait pas de difficulté

particulière. Une proportion élevée de candidats (entre le tiers et la moitié) ne les a pourtant pas calculées. La notion d'incertitude élargie et son calcul sont inconnus de la très grande majorité des candidats.

2.2 Durée des phases actives et passives

Cette question a été assez bien traitée par les candidats même si certains ont confondu phase active avec fermeture du piège et phase passive avec ouverture du piège. Nous conseillons aux candidats de ne pas hésiter à faire des schémas dans leurs copies pour appuyer leurs explications. Un bon schéma vaut souvent mieux qu'un long discours. Pour cette question, il était pertinent de reproduire la figure 5 en y ajoutant clairement la manière dont les deux durées ont été estimées.

2.3 Analogie mécanique

Comme pour la question précédente, les candidats ont globalement bien compris les documents et la physique du problème même si beaucoup ont eu le plus grand mal à l'expliquer clairement.

2.4 Analogie électrique

L'analogie, généralement bien préparée dans la partie 1, a été dans l'ensemble bien comprise mais pas toujours bien expliquée. Il a quand même été noté un certain nombre de confusions.

2.5 Modèle de Philip

Cette question et la suivante demandaient aux candidats de mettre en application le travail préparatoire des questions précédentes et d'extraire un certain nombre d'informations des documents. Un minimum de manipulation algébrique était également requis. Ces deux questions étaient plus difficiles que les précédentes. Certains candidats ont manifestement manqué de temps pour les aborder mais une proportion notable les a traitées au moins partiellement. Dans l'ensemble, les candidats savent chercher les informations dans les documents mais ont plus de mal lorsqu'il s'agit de les exploiter. Très peu de candidats ont pu estimer correctement la durée de la phase active dans le cadre du modèle de Philip.

2.6 Modèle de Molz-Ikenberry

Les candidats qui ont traité cette question ont eu du mal à appréhender le circuit électrique et à ramener chaque bloc à un circuit RC équivalent.

Partie 3

Pour traiter complètement cette partie, il fallait avoir répondu correctement à la question 2.2 et à au moins l'une des deux questions 2.5 ou 2.6, pour comparer la durée de la phase active estimée expérimentalement et celle évaluée dans le cadre d'un modèle de transport d'eau dans le tissu végétal. Très peu de candidats ont obtenu ces deux résultats correctement. Néanmoins, une proportion importante des candidats a traité cette partie, au moins partiellement. La plupart ont identifié correctement l'hypothèse testée. Certains ont proposé des idées intéressantes, notamment dans le volet prospectif de la question.

Conclusion

Cette épreuve a globalement rempli son rôle en évaluant des compétences et des capacités variées : maîtrise des notions du cours, extraction d'informations, compréhension et acquisition de nouvelles connaissances, esprit critique, argumentation, rédaction de synthèse ou d'analyse, etc. Nous conseillons aux futurs candidats de porter leurs efforts pendant les années de préparation sur la connaissance et la maîtrise de l'ensemble du cours (notions, contenus, capacités exigibles indiqués dans les programmes officiels) et sur la maîtrise des

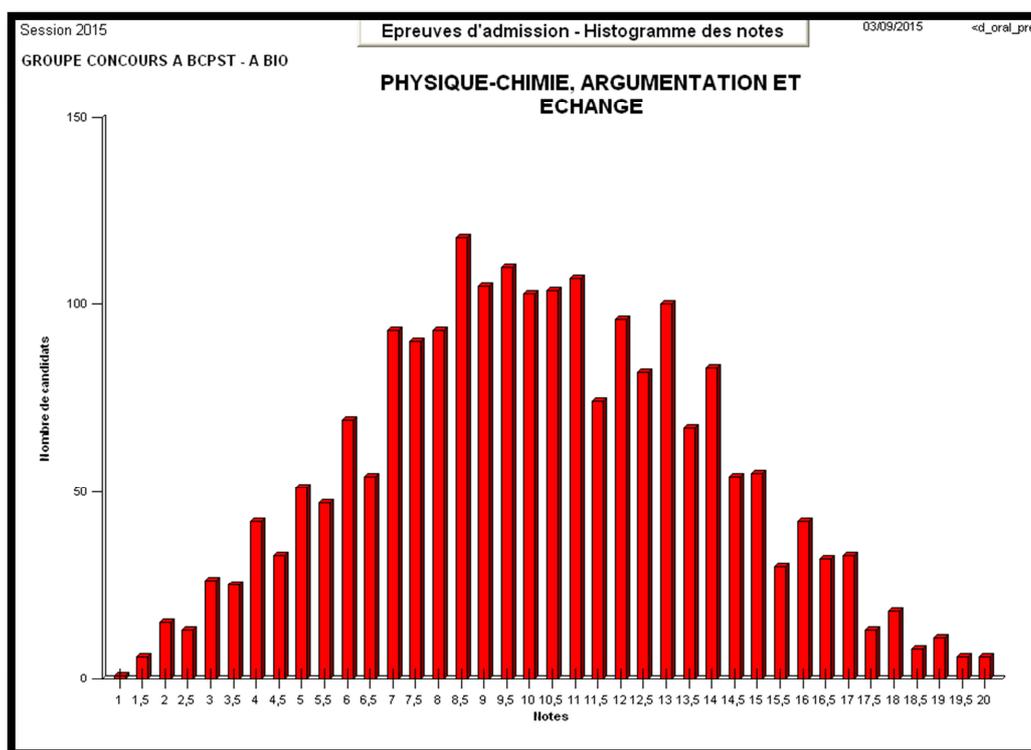
outils mathématiques. Un effort doit être fait sur les notions d'homogénéité et sur la rigueur des notations. Il est conseillé de s'exercer à rédiger des réponses, des justifications, des argumentations et des raisonnements clairs et précis, s'appuyant au besoin sur des schémas pertinents. Enfin, il est important de prendre la peine de calculer les résultats numériques (et de détecter les résultats manifestement aberrants), qui servent souvent de base à des analyses importantes.

Correcteurs: Roland Assaraf, Aurélien Beuf, Benoît Boudey, Sylvain Condamin, Jean-Yves Degorce, Sabine Demargne, Denis Flick, Benjamin Mollier, Thibaud Nault, Jean-Philippe Qadri, Sébastien Saint-Jean, Alban Sauret, Roland Subileau, Marie Thorey.

Expert et Rapporteur: Gaël Richard

Épreuve orale de Physique-Chimie, argumentation et échange

Concours	Nb cand.	Moyenne	Ecart type	Note la plus basse	Note la plus haute
A BIO	2115	10,19	3,74	1	20
A ENV	879	12,06	3,6	2	20
A PC BIO	665	11,17	3,5	1,5	20



CHIMIE

Modalités, déroulement de l'épreuve

Le bilan de l'épreuve « Argumentation et Echange » est globalement positif. Les prestations des étudiants, généralement de bonne qualité, ont été conformes aux attentes du jury. L'épreuve a permis de classer les candidats sans ambiguïté. Ceux qui s'y sont bien préparés ont été récompensés.

Il était demandé aux candidats de répondre à une problématique ouverte contextualisée. Les candidats disposaient de 15 minutes, dans une salle dédiée, pour préparer leur argumentation. Pendant cette préparation, les candidats avaient à leur disposition : la

classification périodique des éléments, une table de données physiques, des tables de données spectroscopiques IR et RMN.

Les candidats ont ensuite été invités à échanger pendant 30 minutes avec l'examineur autour de la problématique proposée. Le but de l'épreuve leur a été systématiquement rappelé en début d'interrogation pour les rassurer et les mettre à l'aise. L'examineur s'attendait à ce qu'un vrai dialogue s'installe avec le candidat. Lors de cet échange les candidats disposaient des mêmes données qu'en salle de préparation. Sur demande du candidat, l'examineur était amené à apporter de nouveaux supports d'argumentation. Il ne s'agissait pas d'aider à la résolution de la problématique, mais de permettre l'illustration du discours avec des données scientifiques précises. Il était donc nécessaire de solliciter l'examineur pour qu'il alimente la discussion en documents. L'examineur était alors amené à montrer, expliquer, contextualiser, provoquer le questionnement du candidat. C'est ainsi que le candidat devait progresser dans la résolution de la problématique ouverte qui lui était proposée.

L'évaluation des candidats a été effectuée par champ de compétences : compréhension de la problématique, stratégie de résolution mise en œuvre, critique de la démarche scientifique, communication avec l'examineur. Les différentes compétences ont été recherchées chez les candidats à travers leurs connaissances, leurs méthodologies de résolution et leurs attitudes scientifiques. Les domaines de la chimie abordés étaient variés : thermodynamique chimique, structure de la matière, chimie organique, cinétique chimique, réactions en solution aqueuse, analyse chimique. Les candidats pouvaient choisir d'expliquer des techniques expérimentales de la chimie si leur discours était pertinent, permettant d'avancer dans la résolution de la problématique. L'examineur disposait d'un guide d'évaluation. Des éléments très précis étaient donc attendus lors de l'épreuve. Ces outils d'évaluation ont été choisis, puis testés, avant d'être utilisés. Les candidats devaient valider l'ensemble des compétences pour ne pas être sanctionnés. L'examineur observait attentivement la prestation des candidats et les guidait implicitement pour qu'ils valident de nouvelles compétences au cours de leur argumentation.

Pour chaque problématique posée, plusieurs approches de résolution étaient possibles. Le jury avait anticipé les réponses des candidats, de façon exhaustive, lors de la préparation de l'épreuve. Il disposait d'un guide de résolution élargi. L'évaluation a été effectuée sur des points scientifiques précis au programme de BCPST, dans un contexte scientifique de haut niveau. Les examinateurs ont bien sûr tenu compte de l'ambition du contenu scientifique des sujets. Pour faire avancer la discussion, les interrogateurs proposaient de nouveaux axes d'approche : géométrie des molécules en lien avec leur réactivité, stratégie de protection/déprotection, étude de la solubilité des espèces, explication d'un protocole de synthèse, description d'une technique expérimentale d'analyse, exploitation d'un diagramme...

L'une des principales préoccupations des membres du jury était de préserver l'équité d'évaluation. Pour la garantir, un travail rigoureux d'harmonisation a été accompli. Il a été effectué une harmonisation journalière par sujet, une harmonisation transversale entre sujets, une harmonisation générale entre membres du jury. La meilleure prestation sur un sujet donné a systématiquement été commentée et appréciée par la totalité du jury. Les moyennes sur chaque sujet ont été commentées, expliquées. Puisqu'il s'agissait d'une restructuration des concours liée à la réforme des programmes, les premières évaluations ont même été réalisées par plusieurs observateurs conjointement (en ne gardant qu'un seul interrogateur). Cela a permis d'harmoniser, dès le début de la session, la procédure d'interrogation et de notation.

Remarques générales

Le jury a apprécié le comportement global des candidats, qui sont pour la grande majorité polis, respectueux et agréables à écouter. Il convient de rappeler tout de même qu'une tenue correcte est attendue, et que tout comportement nonchalant est à éviter.

Le dynamisme des candidats a été évalué. Le jury a noté leurs réactions, leurs commentaires, leurs explications. Certains candidats ont attendu l'approbation de l'interrogateur pour poursuivre leur exposé. C'est au contraire leur autonomie dans la démarche de résolution qui a été valorisée. Le jury attendait des candidats qu'ils soient inventifs, tout en justifiant leurs raisonnements. Quelques candidats ne se sont adressés malheureusement qu'au tableau, évitant la discussion avec l'interrogateur. Il est évident que l'échange avec l'interrogateur était indispensable pour réussir l'épreuve. Le discours proposé par les candidats ne devait cependant pas rester vague. Les candidats devaient arriver à présenter des résultats quantitatifs. L'évaluation était certes très liée aux qualités de communication des candidats, mais l'épreuve est restée une épreuve scientifique.

Durant la préparation de leur prestation, les candidats disposaient d'un sujet court mais proposé dans un contexte scientifique et parfois même illustré. Le sujet contenait toujours quelques indications écrites en italique en bas de page. Certains étudiants n'ont pas lu l'intégralité du sujet en 15 minutes ! Les phrases en italiques guidaient les candidats vers les domaines de la chimie qui devaient être abordés lors de leur argumentation.

Le jury a souhaité que différents domaines de la chimie puissent être explorés durant l'épreuve. La plupart des candidats ont cependant voulu aborder, en priorité, les problématiques de chimie organique. Des synthèses organiques ambitieuses ont été soumises à la discussion, mais le jury ne s'attendait pas, bien sûr, à ce que la synthèse publiée soit connue des candidats ! Les interrogateurs ont toutefois été exigeants en matière de vocabulaire utilisé, de mécanismes expliqués, de stratégies de synthèse justifiées. Précisons qu'une fois que la capacité « savoir écrire un mécanisme de chimie organique » était validée, il était inutile de présenter de nouveaux mécanismes de chimie organique. Le jury a parfois été conduit à refuser, pour le bien du candidat, la présentation d'une accumulation de mécanismes...

Les problématiques d'optimisation de procédés de production ont été en général bien traitées. Le schéma de résolution a été bien balisé et anticipé. Il était intéressant, en thermodynamique chimique, de déterminer des ordres de grandeurs, de commenter des signes, d'interpréter physiquement les grandeurs manipulées.

En cinétique chimique, la technique expérimentale de dégénérescence de l'ordre n'a que rarement été proposée, expliquée et mise en œuvre.

Certaines pistes simples de discours n'ont pas été assez exploitées. Les candidats pouvaient par exemple choisir de donner la configuration électronique d'un atome ou de décrire la géométrie d'une molécule en précisant les angles entre liaisons (v.s.e.p.r.). Cela aurait permis de justifier les charges des ions ou la réactivité. Les représentations des molécules dans l'espace ont été souvent approximatives. Il a toujours été très difficile de dessiner une conformation chaise avec quelques groupements en position équatoriale ou axiale. Enfin, l'analyse des effets électroniques n'a pas toujours été complète.

Les candidats pouvaient demander à l'interrogateur les caractérisations physiques ou spectroscopiques des réactifs ou produits qu'ils utilisaient dans leur discours. Cela permettait de justifier, par exemple, comment on pouvait suivre expérimentalement une réaction de synthèse. Certaines données pouvaient aussi servir à la détermination de grandeurs thermodynamiques ou cinétiques.

Peu de candidats ont été capables d'analyser les interactions intermoléculaires pour conclure à la miscibilité de deux liquides ou pour comparer des températures de changements d'état, par exemple.

Les candidats pouvaient choisir aussi de décrire des méthodes expérimentales de chimie pour étayer leur exposé. Ils pouvaient proposer des techniques d'analyse, de caractérisation, de purification. La mise en œuvre expérimentale d'une synthèse, par exemple, n'était donc pas exclue de l'évaluation : le choix des conditions expérimentales est en effet important pour justifier une stratégie de synthèse. Tout discours pertinent sur des techniques expérimentales était donc bienvenu. Cette partie de l'échange avec l'interrogateur n'était pas imposée, elle a d'ailleurs compté pour une part minoritaire dans l'évaluation, quand elle était à propos. Notons que les protocoles en anglais, supports de discussion, ont systématiquement été traduits en cas de difficulté.

La calculatrice ne pouvait pas être utilisée en préparation. Le jury ne souhaitait pas que les candidats expliquent un calcul artificiellement en début de présentation. Le temps de préparation devait être utilisé pour comprendre la problématique posée, pour identifier les domaines de la chimie qui allaient être parcourus, pour chercher des pistes de résolution. Par contre, trop de candidats oublient leur calculatrice personnelle, dont l'utilisation est autorisée pendant la présentation orale. Les candidats pouvaient être amenés, par exemple, à effectuer des régressions linéaires. Un ajustement de données était très bien noté s'il était effectué complètement.

Au cours de l'épreuve, le jury a aussi évalué l'utilisation du tableau par les candidats. Ce support de discours devait permettre d'illustrer, de schématiser les raisonnements. Nous rappelons que les candidats peuvent utiliser tout l'espace disponible au tableau et qu'ils sont fortement encouragés à utiliser la brosse pour effacer...

Bilan de compétences

Voici quelques exemples d'illustration de la manière dont les compétences scientifiques, d'autonomie, d'esprit critique, d'organisation et de communication ont été évaluées.

Analyser et s'approprier le problème

Le jury a évalué les candidats sur leur capacité à décomposer le problème posé en questions simples.

L'identification des synthons en chimie organique a souvent été correctement effectuée. Elle était indispensable pour la bonne compréhension des problématiques de synthèse. La plupart des candidats ont aussi eu la démarche d'étudier la structure des molécules pour en déduire leur réactivité. L'étude précise des squelettes carbonés permettait de visualiser les

modifications de structures attendues. La recherche du nombre d'insaturations pouvait aussi aider l'analyse. Compter les atomes de carbone était un bon réflexe.

Il était demandé aux candidats de reconnaître des fonctions organiques ou de reconnaître des réactions (conversions fonctionnelles, oxydations, réductions, créations de liaisons C-C). Des confusions ont été constatées (ester, (a)cétal, étheroxyde, époxyde...), des difficultés ont été rencontrées (réaction de Wittig, synthèse malonique, crotonisation...).

L'électrophilie du carbone fonctionnel d'une cétone et celle du carbone fonctionnel d'un ester ont rarement été correctement comparées.

En chimie générale, il était intéressant d'expliquer la préparation des échantillons. Certains candidats se sont posés de bonnes questions : comment choisir un solvant, comment choisir une concentration, comment dissoudre, comment choisir la précision d'une mesure, etc.

Les différentes méthodes de titrage (direct, indirect, en retour) pouvaient être précisées pour cadrer la démarche de résolution. Les candidats pouvaient s'aider d'une étude structurale et d'une étude de réactivité pour choisir des réactions de titrage cohérentes. Il fallait par ailleurs vérifier rapidement qu'une réaction était thermodynamiquement favorable, voire quantitative. Il était donc utile de savoir calculer une constante thermodynamique d'équilibre efficacement (oxydoréduction...).

Le tracé de diagrammes (prédominance, distribution, etc.), la simulation de courbes de titrage (pH, conductance, etc.) pouvaient être proposés ou demandés, puis interprétés pour argumenter le choix d'une technique expérimentale. La volonté d'expliquer l'étalonnage d'un appareil de mesure avant son utilisation était une bonne idée lorsque celui-ci était nécessaire.

En cinétique chimique, les candidats ne se sont pas assez souvent posé la question de savoir si une réaction était un acte élémentaire ou s'il fallait en étudier le mécanisme. Le réflexe était de considérer le coefficient stœchiométrique de l'espèce comme l'ordre partiel.

Un calcul de variance permettait de connaître le nombre de degrés de liberté d'un système physico-chimique à l'équilibre. Il a rarement été effectué.

Il était enfin indispensable de schématiser une pile pour en expliquer ensuite le fonctionnement.

Concevoir une stratégie de résolution

Les candidats devaient utiliser leurs connaissances et les méthodes classiques de résolution en chimie pour répondre à la problématique posée.

Le formalisme de la chimie était moins maîtrisé cette année que les années précédentes. Les bilans n'étaient pas toujours équilibrés. La règle de l'octet n'a pas toujours été vérifiée. Les lacunes ont été trop souvent oubliées. Certains candidats ont par ailleurs eu le réflexe de systématiquement mettre une lacune aux atomes chargés positivement.

La résolution d'une question de synthèse organique passe par l'écriture précise, au tableau, des mécanismes. Le jury a remarqué que les mécanismes de chimie organique étaient

moins connus que les années précédentes (mécanisme d'acétalisation par exemple). Le formalisme des mécanismes radicalaires a été rarement maîtrisé (utilisation des flèches « hameçon »).

La présentation des stratégies de synthèse organique a posé des difficultés parce que certaines connaissances étaient approximatives : les candidats oublient qu'un acide réagit difficilement avec une amine sans avoir été préalablement activé (anhydride d'acide, chlorure d'acyle...) ; le bilan de la réduction par NaBH_4 n'était pas assez bien connu ; les candidats ont fait réagir, sans se poser de questions, un organomagnésien avec un alcool ; certains candidats ont fait réagir le proton de l'aldéhyde avec une base ; la réaction de Wittig était très peu connue ; l'utilisation du diazométhane pour la synthèse d'ester méthylique a été rarement maîtrisée.

Une erreur récurrente a été observée : les candidats n'ont pas distingué la réactivité des composés aromatiques de celle des alcènes. Il n'était alors plus possible de faire réagir sélectivement un alcène lorsque la molécule possédait un cycle aromatique... L'étude des composés aromatiques n'étant plus au programme de BCPST, les candidats n'ont bien sûr pas été sanctionnés.

L'étude de spectres IR ou RMN a été parfois très laborieuse. Les candidats se ruent sur les tables spectroscopiques. Il était pourtant souvent possible d'étudier la structure de la molécule pour comprendre son spectre.

En cinétique chimique, les régressions linéaires ont été très peu réalisées, les candidats craignant certainement de perdre du temps. Le jury a conscience du temps nécessaire pour effectuer une régression linéaire à la calculatrice, et il sait que l'échange ne peut être que suspendu pendant sa réalisation qui demande de la concentration. L'évaluation tient compte de tous ces paramètres. Par ailleurs, la loi d'Arrhénius n'était pas assez bien connue cette année ! C'était une mauvaise surprise car ce n'était pas le cas les années précédentes.

L'interprétation des grandeurs thermodynamiques ne pose généralement pas de problème (exo- ou endothermicité, déplacement d'équilibre, etc.). Par contre, les tableaux d'avancement proposés ne sont pas toujours corrects. Les connaissances sur les solutions tampon sont très approximatives (« tamponner » ne signifie pas « valider » !). L'identification d'un oxydant ou d'un réducteur a parfois posé problème.

Le jury regrette enfin que de nombreux candidats confondent les différents types de diagrammes binaires (simple fuseau, avec homoazéotrope, hétéroazéotrope ou point eutectique). L'interprétation de ces diagrammes pose souvent problème.

Formuler une analyse critique de la démarche

Les candidats ont généralement manqué de spontanéité pour critiquer leur démarche, pour interpréter les phénomènes étudiés.

Une méthode de vérification de la cohérence des mécanismes et des bilans réactionnels est de compter les atomes de carbone et les charges. Elle n'a pas été systématiquement utilisée. Il fallait aussi, pour éviter des erreurs, vérifier les positions de chaque fonction au cours de la synthèse proposée.

Il était important, dans le cadre de la présentation d'une stratégie, de commenter l'ordre des étapes de synthèse organique. Il fallait parfois activer les fonctions avant de faire réagir les molécules. Il fallait aussi justifier une étape de protection en expliquant quelle était la réaction qu'il fallait éviter.

Rares ont été les candidats qui ont pris l'initiative de chercher à déterminer si une substitution nucléophile était plutôt monomoléculaire ou plutôt bimoléculaire. Le mécanisme d'élimination en catalyse basique était trop rarement connu. Les règles de Markovnikov et de Saytzev ont été confondues, très peu de candidats ont parlé de contrôle cinétique ou thermodynamique pour expliquer les sélectivités en chimie organique. Le postulat de Hammond semblait malheureusement totalement inconnu.

Il était intéressant, après avoir proposé une synthèse organique, de proposer une méthode de purification du produit obtenu (les candidats pouvaient demander l'état physique du produit) et ensuite de commenter ses caractérisations spectroscopiques (IR, RMN). Il s'agissait en effet d'inscrire l'argumentation dans la démarche usuelle d'un chimiste : choix et préparation d'un montage, suivi d'une réaction, traitement du brut réactionnel, purification du produit, caractérisations finales.

En chimie des solutions, il pouvait être intéressant de vérifier si la méthode de titrage utilisée était pertinente (amplitude d'un saut de pH, par exemple). Une autre méthode d'analyse pouvait ensuite être proposée pour améliorer la précision. Les candidats pouvaient demander des simulations de courbes de titrage pour critiquer leur démarche. Les constantes thermodynamiques d'équilibre pouvaient par ailleurs être commentées.

Le jury souhaiterait que l'analyse dimensionnelle soit systématique. La relation de Van't Hoff (thermodynamique) a parfois été mal écrite et donc mal interprétée.

Les candidats pouvaient demander un diagramme E-pH pour illustrer leur argumentation. Les réactions de dismutation n'étaient pas maîtrisées suffisamment (diode en milieu basique par exemple).

Interagir et communiquer

L'interrogateur apprécie la clarté de l'exposé, le niveau de l'argumentation, la qualité de l'échange avec le candidat. Il note la précision du vocabulaire scientifique qu'il utilise, la tenue de son tableau. Il juge son attitude face à ses questions. L'aptitude du candidat à utiliser les indications de l'examineur est aussi un point d'évaluation.

Les définitions de stéréochimie ne sont toujours pas énoncées avec assurance : une discussion sur quelques exemples de molécules pouvait très rapidement déstabiliser le candidat. Savoir reconnaître deux énantiomères ou deux diastéréoisomères est essentiel pour discuter la possibilité de leur séparation. Le jury attendait des candidats qu'ils utilisent un vocabulaire précis en chimie organique : addition, substitution, élimination, nucléophile, électrophile, réaction acide-base...

Les candidats devaient utiliser le tableau pour illustrer leurs propos. Ils pouvaient aussi utiliser de la couleur pour mettre en évidence les points importants de leur argumentation ou

pour aider l'interrogateur à la compréhension de leurs explications (entourer les synthons en synthèse organique par exemple).

Il était complètement inutile de recopier au tableau de grosses molécules en début de présentation, surtout en faisant des erreurs... Il était tout à fait possible de présenter des mécanismes en simplifiant les molécules. Cependant, le jury attendait que les candidats expliquent leur simplification ($N=R$ ou $C=R$ ne sont pas des notations acceptables). Des erreurs de vocabulaire ont été commises : les candidats ont voulu parfois définir un « composé », un « radical » ou encore un « élément », qu'ils notaient R, pour simplifier une partie de molécule. Parfois trop de simplification cachait la réactivité de la molécule...

Il fallait prendre le temps d'écrire proprement un mécanisme : les mécanismes « dynamiques », sur une seule molécule dessinée au tableau, ont été sanctionnés. On peut signaler que le mouvement d'électrons conduisant à la libération d'un proton a, comme les années précédentes, très souvent été mal représenté.

En chimie générale, il était important de savoir expliquer un calcul sans le lire.

Conclusion

Malgré toutes ces critiques qui se doivent de figurer dans un rapport, le jury est globalement très satisfait du niveau des étudiants. L'épreuve « argumentation et échange » en chimie était particulièrement ambitieuse. Le jury a, en général, pris plaisir à échanger avec les candidats, ce qui prouve leur réussite. La préparation des candidats à cette épreuve a donc été efficace, le bilan de compétence est satisfaisant.

Certaines prestations étaient remarquables : pertinence scientifique, efficacité de raisonnement, justesse de vocabulaire, dynamisme, prise d'initiatives... Le jury adresse toutes ses félicitations à ces candidats brillants.

Examineurs : Claire Ambard, Thomas Barilero, Raphaël Blareau, Caroline Chevalier, Jeanne-Laure Dormieux, François Duprat, Franck Le Magoarou, Rémi Le Roux, Benjamin Montaignac, Marie-Pierre Rey-Nony.

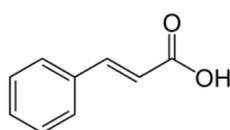
Expert et Rapporteur: Thomas Barilero

Exemple 1 :

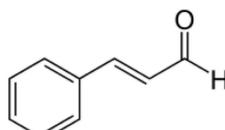
L'acide cinnamique est un acide organique très utilisé dans l'industrie. Ses esters de méthyle, éthyle ou benzyle ont une odeur de cannelle et sont employés dans l'industrie des parfums. Il sert également dans la composition d'exhausteurs de goût ou lors de la synthèse de nombreux composés pharmaceutiques.

Il existe trois grandes voies d'obtention de cet acide :

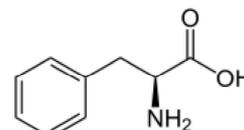
- **Biosynthèse** : transformation directe de la L-phénylalanine en acide cinnamique avec libération d'ammoniac ; la réaction est catalysée par l'enzyme PAL (Phénylalanine Ammonia-Lyase)
- **Hémisynthèse** : extraction du cinnamaldéhyde de l'écorce de cannelle puis obtention de l'acide cinnamique par voie chimique.
- **Synthèse globale** : succession d'étapes de synthèse à partir du bromure de benzyle ($C_6H_5-CH_2-Br$) et de réactifs organiques ou minéraux simples.



acide cinnamique



cinnamaldéhyde



L-phénylalanine

En tant qu'industriel, quelle méthode de production choisir ? Argumenter votre choix.

- Les données thermodynamiques que vous estimerez importantes pourront être fournies par l'examinateur
- Vous pouvez envisager de décrire des méthodes de chimie expérimentale
- L'entretien avec l'examinateur doit permettre l'identification des réactifs organiques à utiliser
- Les données spectroscopiques que vous estimerez importantes pourront être fournies par l'examinateur

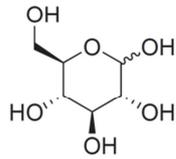
Exemple 2 :

Sous l'action de levures sauvages, les sucres du raisin (glucose et fructose) sont transformés en éthanol et en dioxyde de carbone. C'est la fermentation alcoolique. La température de fermentation doit être précisément contrôlée et régulée pendant ce processus. Les levures sont des champignons microscopiques qui provoquent la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Elles peuvent vivre en présence ou non d'oxygène, se multipliant dans le premier cas, provoquant la fermentation dans le second.

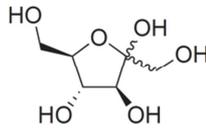
Des produits secondaires vont cependant être aussi synthétisés, l'acide malique par exemple.

Une fois que tous les sucres sont consommés et transformés en alcool, le vinificateur soutire le liquide de la cuve et soumet le vin à une seconde fermentation : la fermentation malolactique. L'acide malique se transforme quasi-intégralement en acide lactique et en dioxyde de carbone. Cette fermentation diminue l'acidité du vin et améliore ses qualités gustatives ; de plus elle renforce sa couleur rouge. Mais si un vin est mis en bouteille alors que la fermentation malolactique n'est pas achevée, quelques bulles peuvent apparaître dans le verre, peu après l'ouverture de la bouteille.

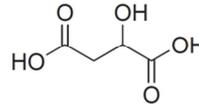
Comment optimiser le processus de fermentation d'un vin rouge ? Comment contrôler sa qualité en vue de sa commercialisation ?



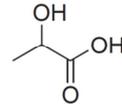
Glucose (C₆H₁₂O₆)



Fructose (C₆H₁₂O₆)



Acide malique



Acide lactique

- L'entretien avec l'examineur aura notamment pour but d'identifier les paramètres d'optimisation
- Les données thermodynamiques que vous estimerez importantes pourront être fournies par l'examineur
- L'entretien avec l'examineur aura notamment pour but d'identifier les paramètres à contrôler
- Vous pouvez envisager de décrire des méthodes de chimie expérimentale
- Les données expérimentales que vous estimerez importantes pourront être fournies par l'examineur

PHYSIQUE

Après tirage au sort effectué par le service des concours, la moitié des candidats ont passé cet oral (et se sont donc vus proposer un thème à dominante chimie pour l'épreuve d'activité expérimentale).

Par rapport aux années précédentes, cette nouvelle épreuve est innovante à double titre :

- ✓ Une simple **question ouverte** est soumise à la réflexion du candidat, et non un exercice guidé.

Parfois, une courte introduction est nécessaire afin de faciliter la compréhension du contexte choisi. Certains documents joints à l'énoncé peuvent également se révéler indispensables : photographies (permettant de visualiser un dispositif ou de déterminer des distances pertinentes), graphes (résultats expérimentaux, courbes de réponse), schémas, montages électriques...

Toutefois, ces supports éventuels ne visent qu'à mieux cerner et résoudre la problématique proposée. Il n'y a aucune dérive inflationniste pouvant transformer l'épreuve en une approche documentaire.

- ✓ L'évaluation se fonde sur les **compétences** transversales mobilisées par le candidat tout au long de la résolution de la question posée. Ces compétences sont explicitées dans ce rapport, sans exhaustivité.

L'**échange** est soigneusement organisé par l'examineur dans ce but, en s'adaptant à la démarche et à la réactivité du candidat. Le plus important est donc la qualité de la stratégie de résolution (dans le fond et la forme) plutôt qu'une réponse abrupte à la problématique, qui ne serait pas étayée, développée, critiquée et argumentée. Le cœur de la démarche relève exclusivement de la démarche scientifique.

Étant donné l'enjeu de cette rénovation de l'épreuve, un soin particulier a été apporté dans la conception des sujets. Un cadre commun de dialogue avec les candidats est ainsi prévu, notamment avec un faisceau préétabli de questions.

Ensuite, après les interrogations sur un même sujet, le jury se réunit afin de tirer un bilan des différentes pistes de résolution et réactions des candidats à la question ouverte posée. Ceci permet d'harmoniser *a posteriori* les évaluations. Cette concertation permet également de rééquilibrer les barèmes en fonction de la longueur des sujets. Notamment le jury n'attend pas qu'un candidat explore toutes les pistes d'une question ouverte, *a fortiori* si elles sont nombreuses. Il évalue la posture scientifique du candidat.

Par ailleurs, en début de session, les premiers candidats ont été évalués conjointement par plusieurs observateurs (en plus de l'interrogateur menant l'échange) afin de converger vers une pratique commune de notation par compétences.

En dévoilant ce mode de fonctionnement, le jury souhaite rassurer les candidats sur l'attention accordée à la justesse de leur évaluation et répondre aux interrogations légitimes suscitées par la mise en place d'une nouvelle épreuve.

Nous avons accueilli cette année de très nombreux auditeurs lors des interrogations. Cela a permis aux professeurs et aux étudiants d'observer la mise en place de la rénovation de l'épreuve et de se faire une idée d'un dialogue argumenté fondé sur une question ouverte. Nous ne pouvons qu'encourager cette démarche lors des prochaines sessions.

La durée de **préparation**, de 15 minutes, a volontairement été réduite par rapport à l'ancienne version de l'oral. Il s'agit alors pour le candidat de bien s'approprier le problème, de cerner la problématique proposée et de concevoir une piste de résolution. Il n'est en aucun cas attendu du candidat qu'il récite une solution complète en se présentant devant le jury. Ce n'est en effet qu'à travers le dialogue instauré par l'interrogateur que certaines compétences peuvent se révéler : savoir prendre en compte une indication, nuancer un point de vue...

Dans cette première phase, le candidat dispose d'une calculatrice fournie par le service des concours. L'année prochaine, les admissibles seront informés qu'ils devront disposer d'une **règle graduée** qui pourra être utile pour mesurer des distances pertinentes sur une photographie ou un schéma (lors de cette session, une règle a été fournie en cas de besoin).

L'**interrogation** dure quant à elle 30 minutes. Le candidat peut alors disposer de sa **calculatrice personnelle**. Celle-ci a été parfois oubliée, ou bien munie de piles usagées.

A. Analyser et s'approprier le problème

Pour valider cette compétence, le candidat doit énoncer clairement la **problématique** du sujet (une reformulation personnelle est appréciée), en exploitant les informations qui lui sont éventuellement fournies.

La réponse à la question posée pouvant se traiter dans le cadre du programme, le candidat devra relier cette problématique à une situation voisine connue.

Généralement, l'énoncé n'est pas illustré. Il revient au candidat de produire un **schéma** clair et judicieusement annoté de la situation rencontrée. Le jury rappelle que l'ensemble du tableau est disponible et que des craies de couleur sont fournies.

L'interrogateur doit ensuite être informé de la **piste de résolution** choisie et des **hypothèses** qui ont été retenues. Même si certaines approximations pourront s'avérer critiquables au cours de la résolution, c'est seulement le soin accordé à l'analyse du problème et le souci de définir un cadre d'étude qui sont jugés à ce stade.

Certains candidats ont manifestement été très bien préparés à cette partie de l'épreuve. Ils ont su présenter le sujet de façon très pertinente, en choisissant soigneusement les concepts et notions utiles. Ceci en toute autonomie et avec le support d'un schéma approprié au tableau.

D'autres font malheureusement l'impasse sur cette compétence. Aucune illustration n'est proposée de leur propre initiative. La présentation du contexte s'est parfois réduite à « C'est un satellite », avant de se lancer dans des calculs sans qu'aucun cadre n'ait été défini.

Le jury rappelle qu'il revient au candidat d'envisager des hypothèses de travail et ne devrait donc pas se voir poser la question « Est-ce que je dois négliger les frottements ? ».

B. Concevoir une stratégie de résolution

B1. Concevoir un modèle, une démarche

Aucun **paramètre physique** n'étant fourni dans la question ouverte (sauf exception), il convient d'introduire ceux qui seront pertinents pour la résolution de la problématique. Le candidat définit alors ses propres notations, qui se doivent d'être suffisamment explicites et commodes. Noter littéralement des grandeurs $T_{\text{extérieure}}$ ou $T_{\text{surface du lac}}$ rend leur emploi malaisé. Un même symbole ne doit pas être affecté à des paramètres différents (h pour noter à la fois une hauteur et l'enthalpie massique), ni une grandeur désignée par une notation fluctuante (u puis u_s ou V_2 pour une même tension).

Au sujet des valeurs à attribuer, un ordre de grandeur est attendu lorsque celui-ci est évaluable : pression atmosphérique, masse d'un skieur, surface d'une maison, température ambiante, rendement d'un moteur thermique... Lorsque cette compétence a été validée, l'interrogateur peut fournir la valeur retenue pour la suite (afin de vérifier l'exactitude des applications numériques à suivre, et sans préjudice pour le candidat).

Des valeurs plus précises sont parfois exigées. C'est le cas par exemple lorsqu'une courbe d'évolution temporelle d'une grandeur est fournie : mesures de période, amplitude, valeur moyenne...

Le candidat est informé dans l'énoncé que les valeurs d'autres grandeurs qu'il estimera pertinentes pourront être fournies par l'interrogateur. Selon les situations, il s'agira de conductivités thermiques, enthalpies de changement d'état, masses molaires, indices de réfraction, coefficients de diffusion... Mais la requête doit être précise : capacité thermique massique ou molaire (à pression ou à volume constant), viscosité dynamique ou cinématique par exemple.

Dans sa conception d'un modèle, le candidat devra bien entendu proposer des **simplifications**. Mais celles-ci doivent être pertinentes : autant il est judicieux de négliger dans un premier temps les frottements dans l'étude d'un tir balistique dans l'air, autant cette hypothèse dans le cas de la chute d'une bille dans un liquide visqueux dénote un manque de recul vis-à-vis de la problématique.

En thermodynamique, l'hypothèse d'adiabaticité peut être intéressante à poser pour bâtir un modèle simple (si elle est justifiée). Mais cette simplification a trop souvent eu comme conséquence que la transformation pouvait donc être considérée comme isotherme.

Lorsqu'une **loi physique** est énoncée, le candidat doit vérifier spontanément si ses **conditions de validité** sont bien réunies. Les hypothèses nécessaires sont en général bien connues (théorème de Bernoulli, loi de Poiseuille, lois de Laplace), mais il est dommage qu'elles ne soient révélées qu'à la demande de l'interrogateur. Rappelons que la loi de Stokes n'est valable que lorsque la sphère est située loin des parois de l'écoulement et pour un nombre de Reynolds tel que $Re < 1$ (et non $Re < 2000$).

Quelques lois ou phénomènes souffrent d'une connaissance plus parcellaire :

- ✓ théorèmes énergétiques en mécanique
- ✓ effet Doppler
- ✓ ondes acoustiques

Le **système** étudié doit être clairement défini. Celui-ci est souvent très simple en mécanique, mais une question à ce sujet conduit parfois à des réponses surprenantes : le ressort lui-même au lieu de la masse accrochée à son extrémité.

C'est bien entendu en thermodynamique que le soin accordé au choix du système est fondamental. Développer une série de calculs commençant par $\Delta U = W + Q$ sans le préciser est préjudiciable pour la compétence évaluée ici. Lorsque le jury s'en enquiert, on constate souvent qu'il ne s'agit pas d'un simple oubli mais d'une absence de questionnement à ce propos. Ce manque de rigueur rend la résolution chaotique si le Premier Principe doit être appliqué à différents systèmes : source froide, source chaude, fluide caloporteur (les erreurs de signes sur les échanges d'énergie participent alors systématiquement à la confusion).

Dans cette phase de conception d'un modèle, il s'agit d'adopter une démarche cohérente en choisissant judicieusement les lois physiques qui seront utilisées afin de répondre à la question posée. Certains candidats écrivent au tableau quantité de relations sans les relier au contexte du sujet. Ils finissent par se tourner vers l'examineur en demandant :

« Qu'est-ce que j'applique ? ». Même si les principes cités sont corrects, la compétence évaluée ici ne peut pas être validée.

A la fin de cette phase, et avant de commencer les calculs, il importe de **prévoir des résultats qualitatifs**. Ce souci est très présent parmi les étudiants de BCPST lors de l'étude de filtres électrocinétiques. Leur nature est souvent correctement déduite des comportements des dipôles à basses et hautes fréquences. Cette minutie gagnerait à se généraliser à des situations moins convenues : évolution d'un temps caractéristique de diffusion selon la taille du système, influence de la prise en compte des frottements, modification de la température ou de la pression selon la puissance d'un échangeur thermique ou d'un compresseur...

B2. Réaliser un calcul littéral ou numérique

Cette étape de la résolution nécessite une grande **rigueur** des candidats et un choix pertinent des **outils mathématiques** employés. Ces capacités ont trop souvent fait défaut aux admissibles.

En thermodynamique, l'incompréhension associée aux symboles Δ , d et δ ne permet pas de conduire des calculs rigoureux. Toutes les combinaisons possibles ont été lues cette année : $dU = W + Q$, $\Delta U = \delta W + \delta Q$... sans compter les plus malheureux $U = W + Q$ ou $\Delta U = \Delta Q + \Delta W$.

Les relations mélangeant des **grandeurs scalaires et vectorielles** ont été fréquentes. Tout développement mathématique devient alors impossible. On ne peut que conseiller aux candidats d'écrire le Principe Fondamental de la Dynamique sous forme vectorielle, puis de le projeter sur les différents axes d'un repère judicieusement choisi (certains choisissent une base polaire pour étudier le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur). Cette procédure simple devrait permettre d'éviter des relations telles que $v = gt + v_0$ (avec \vec{g} et \vec{v}_0 non colinéaires). Lorsque l'examineur s'inquiète alors de la signification accordée à v , il apprend qu'il s'agit du module du vecteur vitesse.

Dans le même ordre d'idées, les projections de forces ont parfois été sources de difficultés. Déterminer les composantes du poids dans le repère associé à un plan incliné a pu relever du défi.

Les **intégrations** doivent également être menées avec rigueur. Le jury conseille là aussi aux futurs admissibles de prendre le temps de poser soigneusement leur calcul, avec des règles simples : identification de la variable d'intégration, caractère variable ou constant des autres grandeurs, choix de bornes d'intégration cohérentes dans les deux membres. Trop de précipitation en ce domaine peut en effet conduire à intégrer $v_x = v_0 \cos \alpha$ en $x = v_0 \sin \alpha$, ou $dP = -\rho g dz$ en $P(z) - P_0 = -\rho g z$ alors que le candidat a déterminé $\rho = \frac{PM}{RT}$ quelques lignes plus haut.

La résolution des **équations différentielles** du 1^{ier} ordre est en général bien traitée. La nature du régime d'évolution des oscillations libres d'un système du 2^e ordre semble plus délicate à identifier. Et le traitement du régime sinusoïdal forcé a rarement été conduit en autonomie. Après l'obtention d'une équation différentielle du type $\ddot{x} + \frac{h}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t)$, beaucoup de candidats souhaitent se lancer dans la détermination des racines de l'équation caractéristique associée. Physiquement, le jury attend l'hypothèse consistant à

négliger la durée du régime transitoire pour pouvoir se placer en régime sinusoïdal forcé. Le recours au formalisme complexe devrait être un réflexe dans ce type de problème.

Les **applications numériques** ont posé de nombreux problèmes. Le choix des unités appropriées constitue un premier écueil. Les pressions conservent parfois leurs valeurs en bar et les masses en g (ou les masses molaires en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$). Il est judicieux de penser à convertir les températures en kelvin, mais cette transformation s'applique malheureusement souvent aux différences. On a ainsi vu $\Delta T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$.

Lorsque les bonnes valeurs sont déterminées, le calcul numérique se révèle faux dans une majorité des cas. On ne peut qu'inciter les candidats à utiliser fréquemment leur calculatrice personnelle (dont ils pourront disposer à l'oral) lors de leur formation en classe préparatoire. La gestion des parenthèses, les puissances et racines ou le mode (radians/degrés) semblent être les causes des principales erreurs.

C. Formuler une analyse critique de la démarche

Afin d'évaluer cette compétence, le jury a parfois fourni les résultats littéraux ou numériques auxquels aurait conduit la démarche initiée par le candidat, mais qui n'aurait pu aboutir dans le temps imparti restant.

C1. Confronter un modèle au réel

Cette analyse critique a rarement été à l'initiative du candidat, considérant l'épreuve terminée s'il aboutissait à une valeur numérique répondant à la question ouverte posée. Cette partie est pourtant essentielle dans l'esprit de cette nouvelle épreuve (et dans l'esprit physique en général). En cette année de mise en place, le jury a été indulgent quant à cet « oubli » et a amorcé si nécessaire le dialogue sur l'**interprétation des résultats**.

Il s'agit tout d'abord de vérifier si la dépendance vis-à-vis des paramètres d'influence est bien cohérente avec l'analyse préliminaire effectuée, par exemple lorsqu'on aboutit à un temps de vidange d'un réservoir de la forme $T = \frac{S}{s} \sqrt{\frac{2H}{g}}$. Il est également bienvenu de vérifier l'**homogénéité** d'une telle formule.

L'**ordre de grandeur** obtenu numériquement se doit également d'être commenté. Cela permet selon les cas de relever une erreur d'application numérique, ou les limites d'un modèle trop grossier. Il faut par exemple critiquer spontanément une valeur de 1 W obtenue pour la puissance d'un radiateur électrique.

Il est également temps dans cette phase de **vérifier les hypothèses** posées en début d'épreuve. Si la loi de Poiseuille a été utilisée, le caractère laminaire de l'écoulement peut être validé par le calcul du nombre de Reynolds.

Parfois, l'interrogateur fournit une valeur mesurée expérimentalement. Charge pour le candidat de la comparer à la valeur issue du modèle et de commenter les différences afin de critiquer sa démarche. Il pourra s'agir par exemple de la vitesse finale d'une bille en chute libre, de la température relevée au sein d'un moteur thermique, du débit volumique du sang dans une artère...

Les candidats doivent donc avoir le souci de confronter les résultats issus de leur modèle à la situation réelle. Lorsque la prise en compte d'un phénomène n'est pas facilement quantifiable, la compétence évaluée ici consiste seulement à envisager un tel écart au modèle ainsi que ses conséquences, de façon qualitative. Par exemple, la non-réversibilité d'une étape

d'un cycle thermodynamique va diminuer le rendement réel d'un moteur par rapport à celui calculé en considérant la transformation réversible.

C2. Envisager des perspectives

Les **limites du modèle** choisi doivent être bien comprises. Par exemple, lorsque l'on suppose qu'une transformation est isotherme, cela revient à considérer qu'à chaque instant le système est en équilibre thermique avec le milieu extérieur. Avoir bien compris ce cadre permet facilement *a posteriori* de **critiquer ou d'approuver un modèle**. Il suffit de comparer la durée de la transformation au temps caractéristique de diffusion thermique à travers les parois du piston. Lorsque le candidat a bien saisi cette démarche, l'interrogateur lui fournit alors la diffusivité thermique $D_{th} = \frac{\lambda}{\rho c}$ du matériau constituant ces parois ainsi que son épaisseur. Il est alors possible de déterminer le temps caractéristique cherché par analyse dimensionnelle, afin de valider ou d'infirmer l'hypothèse de départ. Le même type de démarche peut s'employer pour critiquer le caractère adiabatique d'une transformation.

Une question ouverte pouvant présenter de multiples développements selon la finesse du modèle retenu, le jury juge également la capacité du candidat à **envisager des perspectives**. Ainsi, lorsqu'il apparaît que la loi de Stokes est invalidée, le jury annonce au candidat que les forces de frottements prennent une forme quadratique, en fournissant la formule à considérer. L'interrogateur n'attend alors pas de résolution mathématique dans ce nouveau cas de figure (compétence déjà évaluée auparavant dans le cas de frottements linéaires). Ce qui sera valorisé ici est seulement la capacité du candidat à comprendre que le système d'équations différentielles non linéaires auquel on aboutit ne peut se résoudre que numériquement.

Au cours de l'interrogation, il n'est pas malvenu (tout en restant dans le thème du sujet proposé) de prendre appui sur sa **culture scientifique** pour éclairer le sujet, voire pour envisager une **ouverture** à la fin de l'oral. Ces qualités de curiosité et de recul, indispensables au scientifique, sont valorisées dans cette nouvelle épreuve.

D. Interagir et communiquer

D1. Maîtriser un argumentaire oral

Cette compétence transversale est évaluée tout au long de l'échange. Il s'agit de juger des qualités orales du candidat, notamment sa **maîtrise de la langue**, la clarté de sa présentation, sa capacité de **synthèse**, l'adéquation des réponses aux questions posées ou encore la gestion du tableau.

Un certain **dynamisme** est donc attendu de la part du candidat. Parfois, le rythme est particulièrement lent. On observe alors une tendance à trop se laisser guider par l'examineur, en attendant passivement ses instructions (voire en lui tournant le dos durant toute l'interrogation). Certes, il s'agit désormais d'un échange, mais cette nouvelle épreuve ne consiste pas en une résolution guidée par l'interrogateur. Il est donc inutile d'attendre son approbation après chaque ligne écrite. Le jury souhaite ici favoriser les candidats sincèrement impliqués dans la recherche et la résolution d'une problématique, indépendamment du niveau scientifique (évalué par ailleurs). À l'avenir, le jury souhaite donc rencontrer de plus

nombreux candidats prenant une part active à l'échange. Certains se sont dès cette année distingués très positivement en la matière.

Les auditeurs ayant assisté aux oraux pourront témoigner de la bienveillance du jury de physique de l'épreuve « argumentation-échange ». Tout est mis en œuvre pour créer un cadre cordial et professionnel, afin de ne pas stresser inutilement les candidats mais tirer le meilleur d'eux-mêmes.

Le jury apprécie en retour la courtoisie des étudiants de la filière BCPST. On déplore très peu de cas de relâchement dans le niveau de langue et la conduite, ou de négligence vestimentaire. Le contraste qu'offrent ceux qui s'y risquent n'est bien sûr pas à leur avantage.

D2. Participer à un échange

C'est la qualité d'**écoute** du candidat qui est ici évaluée. Dans le cadre de cette nouvelle épreuve, l'interrogateur est en effet amené à intervenir très souvent, pour différentes raisons : réorienter le candidat qui s'éloigne de la question posée, reformuler celle-ci afin de bien cerner la problématique, faire préciser des hypothèses, demander une relation au programme, évaluer certaines compétences, faire soulever au candidat une incohérence ou une impasse de la méthode choisie...

Ces interventions doivent servir de support au candidat pour construire un argumentaire solide. Il faut considérer ces échanges comme autant de points d'appui utiles et non comme des embûches sur la piste de résolution préalablement balisée. La capacité à **prendre en compte une suggestion** est ici évaluée, sans s'enfermer dans son idée initiale en restant sourd aux indications données.

Bien entendu, changer de stratégie de résolution n'est pas immédiat et il est nécessaire de **prendre le temps de réfléchir**. Certains candidats confondent dynamisme et précipitation. Parler sans discontinuer de plusieurs concepts en vrac (parfois sans lien avec le sujet) en citant toutes les relations que l'on connaît relève davantage de l'agitation. Mais prendre le temps qu'il faut pour poser de nouvelles bases (en se fondant sur les suggestions de l'interrogateur) et en quelques minutes bâtir un nouveau modèle requiert un véritable dynamisme scientifique.

Comme on l'a dit, une résolution exhaustive n'est pas attendue du candidat à son entrée dans la salle. L'épreuve est conçue pour que l'échange avec l'interrogateur lui permette de **conserver, changer ou nuancer un point de vue**, sur la base d'arguments solides. Ces capacités, désormais évaluées dans cette nouvelle épreuve, sont le fondement de la recherche, conduisant aux découvertes scientifiques ou aux innovations technologiques.

L'échange avec le jury est ainsi crucial. Sa qualité est appréciée en continu et intervient dans la note finale. On conseille donc aux futurs admissibles de bien écouter (et suivre) les indications du jury et de répondre précisément aux questions posées. Certains candidats feignent de les ignorer, ou n'y répondent pas directement, cachant mal leurs lacunes.

Le jury constate que cette évaluation par compétences apporte un regard nouveau sur les candidats, en se démarquant clairement des épreuves écrites, tout en étant centrée sur le registre scientifique. Des développements formels très brillants dès qu'il s'agit de retrouver le cadre connu d'un exercice classique peuvent en effet s'accompagner d'une mauvaise

appréciation du contexte du sujet (permettant de bâtir un modèle), d'un manque d'esprit critique et de qualités de communication très moyennes.

À l'inverse, des candidats peu à l'aise dans les calculs littéraux ont pu compenser cette faiblesse par une bonne analyse du problème, de la réactivité face aux suggestions fournies et (une fois données les relations ou les valeurs recherchées) une bonne interprétation de l'écart entre ces résultats et le réel.

De fait, beaucoup moins de très mauvaises notes ont été attribuées que par le passé.

De son côté, le jury a beaucoup apprécié ce nouveau cadre d'interrogation. Les échanges continus avec les candidats, l'adaptation à leurs idées ou leurs pistes de résolution et les discussions sur les limites des modèles ont considérablement enrichi l'épreuve.

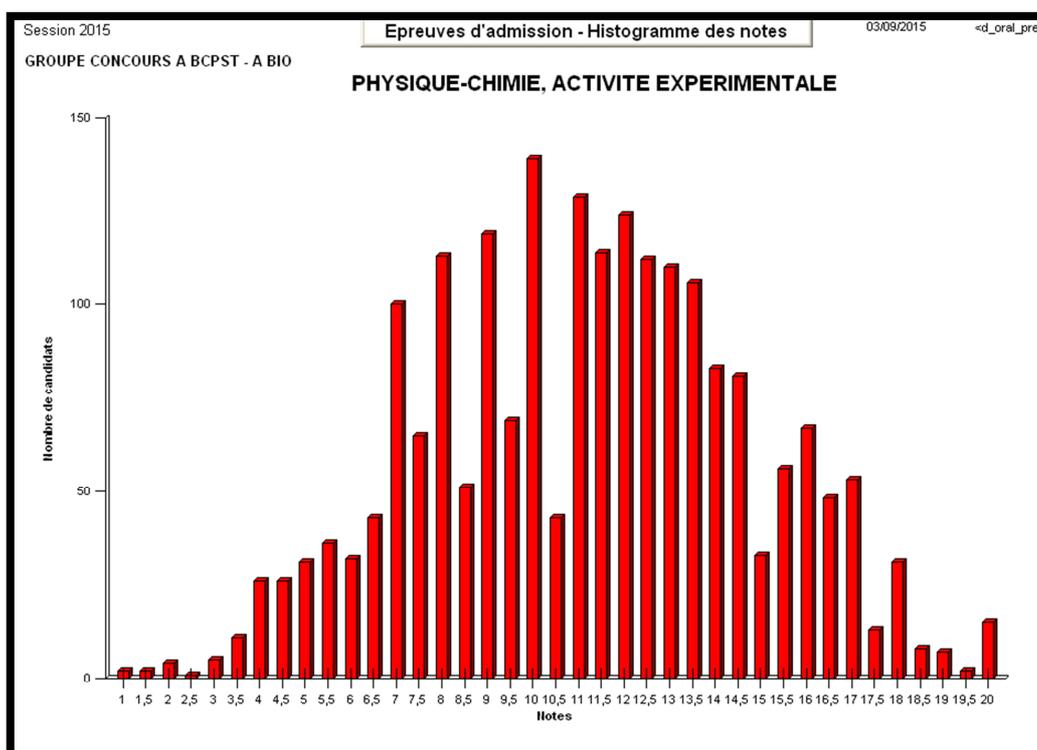
Les conseils de ce rapport devraient permettre aux candidats de la prochaine session de maîtriser un ensemble de compétences larges évaluées dans le cadre de l'épreuve, afin d'atteindre un bon niveau d'excellence.

Examineurs : Christophe Cayssiols, Emmanuel Desvoivres, Cédric Enjolras, Ghislain Golse, Emmanuel Klein, Olivier Matteoli, Pierre Ravet, Claire-Marie Simon

Expert et Rapporteur: Ghislain Golse

Épreuve orale de Physique-Chimie, activité expérimentale

Concours	Nb cand.	Moyenne	Ecart type	Note la plus basse	Note la plus haute
A BIO	2110	11,16	3,55	1	20
A ENV	879	12,03	3,35	1	20
A PC BIO	664	11,78	3,42	1	20



CHIMIE

1. L'activité expérimentale de chimie, version 2015

Cette année, le concours A-BCPST a présenté de nouvelles épreuves de sciences physiques et chimiques. En particulier, les candidats ont dû préparer et passer une épreuve d'activités expérimentales de chimie, selon une conception nouvelle : le déroulement chronologique de l'épreuve est novateur, et le questionnement des examinateurs a changé de perspective.

Il s'agit d'approfondir la réflexion avant d'agir, et analyser de manière plus critique qu'auparavant les résultats obtenus : l'épreuve en est modifiée.

- Dans un premier temps, le candidat doit, après lecture d'un ensemble de données et une présentation du problème qu'il aura à traiter, proposer une démarche intellectuelle raisonnable

permettant de le résoudre ; c'est une étape où l'autonomie de réflexion et l'initiative sont sollicitées.

Exemples :

→ Si le sujet propose l'étude et la mise en œuvre d'une synthèse partielle, le candidat doit préciser le ou les réactifs, parfois choisi(s) parmi un panel de composés disponibles, indiquer le ou les solvants éventuels de réaction, la manière d'isoler le produit final, et de le purifier. Une suite logique de transformations doit être présentée, et justifiée.

→ Si le sujet propose le dosage d'un composé en solution, au cours d'une réaction de cinétique suffisamment lente, le candidat doit préciser les conditions expérimentales (type de titrage, nature du réactif titrant, parfois choisi parmi plusieurs réactifs disponibles, concentration approximative, sélectivité du titrage...) et les justifier.

- Dans un deuxième temps, le candidat doit mettre en œuvre, expérimentalement, la démarche proposée ci-dessus, validée et/ou corrigée par l'examineur, au cours d'un bref entretien personnalisé ; c'est le temps de la manipulation proprement dite, suite d'opérations qui nécessitent une certaine habileté technique, une bonne organisation du travail de paillasse, et une bonne gestion du temps, notions abordées durant les années de préparation.

Exemples :

→ Lors de la synthèse partielle évoquée ci-dessus, le candidat sera amené à effectuer un chauffage à reflux, une distillation, une recristallisation...

→ Lors du dosage décrit dans le paragraphe précédent, le candidat devra choisir la verrerie, éventuellement fabriquer une solution titrante correcte, vérifier son titre, repérer la fin du dosage...

- Dans un troisième temps, les résultats obtenus sont analysés et commentés ; c'est un moment de retour sur l'activité expérimentale dans sa totalité ; les marges d'incertitude des mesures sont calculées, rapidement, informatiquement ou manuellement dans les cas les plus simples ; elles sont indispensables pour discuter de la pertinence du ou des résultat(s) numérique(s), lorsqu'il(s) existe(nt), et donc de la méthode expérimentale utilisée. Précisons, dès maintenant, qu'il n'est aucunement besoin de connaissances informatiques poussées pour traiter de ce problème : les logiciels utilisés dans les calculs d'incertitudes de mesure sont ceux que les candidats ont déjà vus durant les années scolaires de préparation : GUM et/ou Regressi. Des documents explicatifs sont fournis, lors de l'épreuve, ainsi que quelques conseils s'ils s'avèrent nécessaires. Nous voyons donc que l'objectif n'est pas de discriminer les étudiants à partir de leurs connaissances plus ou moins approfondies des détails des logiciels, mais de leur permettre d'obtenir relativement rapidement une donnée relative à la ou les mesure(s) effectuée(s), les engageant ainsi dans une réflexion fructueuse.

Exemples :

→ Lors de la synthèse, le candidat pourra être amené à mesurer le pouvoir rotatoire d'un diastéréoisomère, et de discuter la précision de la mesure.

→ Lors du dosage, le candidat devra discuter de la précision de l'équivalence repérée.

- Enfin, un quatrième temps est consacré à la « question d'ouverture ». Le jury a proposé aux candidats un temps relativement important, (au moins vingt minutes) pour la traiter, à condition bien sûr qu'ils parviennent jusqu'à ce point, ce qui n'est pas toujours arrivé. Elle a pour but de faire réfléchir les candidats à un problème plus général, en lien direct avec les méthodes ou la réflexion globale développées au cours de la séance. Elle doit permettre de constater que cette réflexion et/ou les opérations menées en laboratoire sont en connexion avec une réalité de plus grande échelle : elle réduit donc la dichotomie, et parfois l'ignorance réciproque entre laboratoire et vie « réelle ». Elle permet de prendre conscience qu'un modèle, développé dans un laboratoire, peut, sous certaines conditions, être généralisé, et conduire à une compréhension d'un phénomène plus global, parfois à l'échelle de la planète.

Exemples :

→ La séquence synthétique étudiée lors de la séance d'activité expérimentale peut être intégrée avec profit dans une suite plus longue de transformations conduisant à l'obtention d'un produit d'intérêt pharmaceutique.

→ L'analyse de la solubilité d'un gaz dans un solvant, effectuée durant la séance d'activité expérimentale, accompagnée de quelques documents adéquats, permet de dégager un modèle théorique simple expliquant grossièrement l'évolution de la solubilité d'un gaz essentiel à la vie, dans l'eau des réservoirs naturels, en fonction de la température.

A chacun des moments ci-dessus, lorsque le candidat estime pouvoir présenter une réflexion intéressante, ou projette d'effectuer un montage qu'il pense être réalisable et adapté à la situation, il appelle l'examineur : une discussion s'instaure alors, sur la partie de l'épreuve étudiée, et l'examineur valide les propositions du candidat, ou le conseille. Cette structuration séquentielle de l'épreuve expérimentale induit une proximité immédiate entre les candidats et les examinateurs : dans ces moments, ils interagissent en tête-à-tête.

Au cours de l'épreuve, le candidat peut être amené à appeler l'examineur environ quatre fois en moyenne, valeur qui peut varier selon le type de sujet abordé.

L'épreuve expérimentale permet donc d'avoir une trace orale, entendue, interprétée et notée par l'examineur, et une trace écrite, puisque les commentaires et calculs du candidat sont écrits sur une « fiche-candidat » récupérée après l'épreuve. L'ensemble constitue une appréciation globale enveloppante et, nous l'espérons, pertinente.

Le jury tient, dès maintenant, à souligner la bonne préparation d'ensemble des candidats à cette nouvelle épreuve d'activités expérimentales. Les candidats se sont montrés globalement dynamiques et impliqués, seuls quelques-uns d'entre eux étant plutôt déroutés par l'exigence d'autonomie induite par ce type d'épreuve.

Nous avons constaté une disparité de niveau significative entre les différents candidats, ce qui a permis au jury d'utiliser presque toute l'échelle de notation.

2. Compétences évaluées par l'activité expérimentale

2.1. Rappels du programme

Le nouveau mode d'interrogation permet d'apprécier le savoir-faire (la technique expérimentale) du candidat, bien sûr, mais également un certain nombre d'autres compétences définies dans le nouveau programme, et qui sont rappelées ci-dessous :

- Concevoir : construire une argumentation scientifique et concevoir un plan d'expérience ;
- Réaliser : mettre une expérience en œuvre, et s'adapter aux règles de vie de l'établissement ;
- Mesurer : effectuer proprement des mesures, et les replacer dans le contexte expérimental ;
- Valider et interpréter : concevoir, utiliser, critiquer un modèle, une démarche ; envisager des perspectives ;
- Interagir et communiquer : maîtriser les outils de communication, dialoguer, argumenter.

2.2. Fractionnement des documents

La réflexion engagée lors de la mise au point des sujets dans leur globalité a conduit au fractionnement de l'ensemble des documents utilisés lors de cette activité :

- Le sujet : il peut comporter plusieurs pages, car il contient, à la fois, un texte introductif, la présentation de l'étude envisagée, les consignes de sécurité et les précautions classiques du chimiste averti ; il est distribué aux candidats (avec la fiche-candidat), dès le début de l'épreuve, après lecture par les examinateurs des consignes générales de sécurité, et d'un certain nombre d'indications pratiques.
- Les annexes : elles peuvent être multiples, constituées de diagrammes (du type $E = f(\text{pH})$ par exemple), de constantes thermodynamiques diverses ($\text{p}K_a$, $\text{p}K_s$, $\text{p}K_f$, solubilités...), et de textes à utiliser lors de la question d'ouverture.
- Le protocole opératoire : souvent concis, il est distribué à l'issue de la phase de réflexion initiale, après le premier appel de l'examineur, et guide le candidat dans la réalisation pratique de la ou des manipulation(s), permettant la mise en évidence de leurs qualités d'expérimentateur dans la durée de l'épreuve.

En effet, un étudiant de fin de deuxième année peut être à même de proposer un mode opératoire raisonnable (c'était l'attendu), mais pas de définir a priori les quantités de tous les réactifs nécessaires pour que la réaction puisse se dérouler dans le temps imparti, du moins en chimie organique. Cela nécessite une réflexion plus poussée, et une période de mise au point qui peut être longue.

Les modes opératoires éprouvés ont été distribués cette année après la première discussion candidat-examineur, ce qui ne préjuge pas de la procédure adoptée lors de futures sessions. Ainsi, les compétences Concevoir et Réaliser ont été appréciées séparément. Ce procédé permet à ceux qui n'ont pas tout à fait saisi l'aspect intellectuel du problème initial, d'être tout de même jugés sur leur technique opératoire, et donc d'être valorisés.

- La fiche-candidat : elle est le support écrit des réalisations et réflexions du candidat, et doit être remplie tout au long de l'épreuve. Il ne s'agit pas d'y développer des théories longues et inutiles, et même hors-sujet, dans le contexte de l'épreuve, mais d'y inscrire l'essentiel : réactions chimiques bien équilibrées, phrases de justification lorsqu'elles sont exigées, calculs nécessaires à la préparation de la transformation envisagée ou à l'appréciation d'un rendement, schémas simplifiés de montages, analyse simple d'un spectre d'IR ou de RMN, commentaires divers mais succincts...

- La fiche-examineur : elle est le support écrit des appréciations et observations diverses des examinateurs.

Les candidats n'ont donc pas eu entre les mains, au tout début de l'épreuve, un sujet complet contenant à la fois la problématique étudiée et un ou des mode(s) opératoire(s) proposés.

2.3. Chronologie de l'épreuve

La première période d'interrogation (vingt minutes environ) était consacrée à la conception au sens général du terme : elle permettait au jury d'apprécier l'acquis de la première compétence, par le candidat.

La deuxième période (deux heures environ) permettait aux candidats d'illustrer leur capacité à réaliser les objectifs fixés dans la partie précédente, et à mesurer un certain nombre de grandeurs.

Tout au long de la séance, les candidats ont été invités à remplir leur fiche-réponse, ce qui leur imposait de trouver un équilibre entre les phases de réflexion/écriture et celles de réalisation pratique, donc de gérer le temps disponible : excellent exercice qu'une majorité des étudiants a maîtrisé, en particulier ceux qui ont pu se réserver ainsi le temps d'approfondissement de la question d'ouverture.

A la fin de l'activité (quarante minutes environ) les candidats étaient confrontés aux résultats de leurs propres manipulations : des mesures (température de fusion, indice de réfraction, spectroscopies...) ont été effectuées, des résultats numériques notés, encadrés, commentés. C'est à ce moment qu'ont pu être évaluées les compétences Mesurer, puis Valider et Interpréter.

Des logiciels classiques (Regressi, GUM, Excel) ont été mis en œuvre, ainsi qu'une banque de spectres (IR et RMN, accompagnée de tables adéquates), et diverses annexes, afin de faciliter l'encadrement puis l'analyse de ces résultats. Précisons qu'une valeur numérique mesurée ne se suffit pas à elle-même, mais qu'il faut la replacer dans son contexte, l'encadrer, la commenter, la présenter en utilisant les unités du système international.

Les compétences Interagir et Communiquer ont été évaluées tout au long du processus, puisque chaque candidat a pu appeler plusieurs fois l'examineur.

3. Impressions générales et particulières

L'impression dominante est que les étudiants, dans leur ensemble, n'ont pas été surpris par le déroulement de l'épreuve : ils ont donc, en général, été correctement préparés au sein de leurs établissements, avec prise en compte des nouveaux attendus du concours.

Le jury a constaté que quelques étudiants n'ont pas effectué de montage de chimie organique l'année du concours, ou alors ceux-ci étaient déjà pré-montés, dans leur lycée d'origine. Or, il est désormais souhaitable de lier la réflexion et la réalisation pratique (le « passage à l'acte » expérimental jouant un rôle essentiel : le candidat doit être, ici, acteur de l'expérience). Dans quelques cas rares, des candidats déroutés, ne connaissaient manifestement pas les éléments essentiels de verrerie, ni les techniques opératoires classiques : cet état de fait devra être corrigé pour la prochaine session.

Mis à part ces cas isolés, nous avons constaté que les opérations ordinaires de chimie organique ont été enseignées et apprises, dans les centres de préparation : chauffage à reflux, distillation, décantation, appareil de Dean-Stark, etc... La plupart du temps, elles sont relativement bien comprises. C'est cependant ce dernier point qui s'avère le plus délicat : réaliser les manipulations, et en même temps, les comprendre et les expliquer à l'examineur. Cette exigence élevée, et anxiogène, induit un facteur de stress qui diminue la réactivité de certains candidats.

Le soin apporté aux différentes réalisations pratiques varie beaucoup, d'un candidat à l'autre : il en découle des résultats numériques qui peuvent très différents (masse de produit, point de fusion, indice de réfraction...), et des comparaisons, avec des résultats authentiques, qui s'avèrent parfois délicates.

En chimie minérale et générale, la plupart des candidats savent effectuer les dosages (acido-basiques, d'oxydo-réduction...) selon un protocole opératoire sûr et efficace, et réaliser, même imparfaitement, les transformations demandées (petites synthèses).

Les différents appareils de paillasse (spectrophotomètres, conductimètres, potentiomètre, pH-mètres...) ont été visiblement manipulés en cours d'année, même si leurs caractéristiques ne sont pas rigoureusement identiques à celles des appareils proposés le jour de l'épreuve. Par un accompagnement technique individualisé, le jury a eu à cœur de pratiquer l'équité de situation à ce sujet.

L'interprétation et/ou l'exploitation des résultats révèle quelques lacunes chez les candidats.

Les précisions des grandeurs classiques (pH...) doivent être connues : il est inutile de donner une valeur de pH au centième près, voire davantage, surtout en milieu excessivement acide ou basique, puisque la réponse de l'électrode ne donne accès, au maximum, qu'au dixième ; par contre, un indice de réfraction peut être mesuré au millième ou dix-millième, et non au dixième.

L'appréciation de l'incertitude d'une mesure a été réalisée de manière parfois trop « automatique », sans commentaires. Rappelons que cette opération a pour but d'initier une réflexion sur la validité d'un résultat numérique, ou d'une méthode de mesure ; une incertitude de 50 % n'effraie pas les candidats les moins avertis...

Les différentes sources d'incertitude ne sont pas équivalentes : il appartient au candidat de discerner les plus importantes d'entre elles, et de les prendre en compte exclusivement lors des calculs.

En chimie, les étudiants ont eu à traiter essentiellement les incertitudes de type B.

Enfin, l'absence (rare) trop prononcée d'exigence en terme d'apprentissage mémoriel trouve ici ses limites : que penser d'un candidat ne connaissant aucune valeur, même approchée, des pK_a de composés simples, vus normalement plusieurs fois au cours de la préparation, a priori au programme de BCPST (acides aminés, par exemple), et ne pouvant, de ce fait, avoir accès rapidement à la compréhension d'un sujet ?

4. Conclusion

La nouvelle épreuve d'activités expérimentales s'est déroulée dans climat serein, apprécié des candidats. Son but était de permettre aux étudiants de s'exprimer dans le domaine de l'activité expérimentale de chimie, et aux examinateurs de les juger sur ce point, selon les critères prédéfinis rappelés dans ce rapport.

Nous avons constaté que la plupart des élèves de BCPST ont été bien préparés et entraînés ; certains ont su faire preuve d'une autonomie remarquable, et d'une rigueur dans la réalisation pratique qui a favorablement impressionné le jury.

Nous avons ainsi eu le plaisir de voir à l'œuvre d'excellents candidats, qui méritaient (et ont obtenu) la note maximale.

Nous avons également eu le regret de constater que d'autres n'étaient pas encore prêts, cas classique de ce genre d'épreuve.

Que ces derniers se rassurent : il n'est rien qu'un entraînement réfléchi et bien organisé ne permette de surmonter.

Examineurs : Ramzi Ait-Youcef, Sylvain Broussy, Fabrice Dalier, Laurence Dupont-Leclercq, Jacques Fattaccioli, Nébéwia Griffete, Laurent Heinrich, Philippe Jacq, Caroline Lajoie, Mathieu Lazerges, Mélanie Le Floc'h, Marc Lepeltier, Catherine Marchal-Roch, Sylvain Marque, Olivier Oms, Muriel Roux.

Expert et Rapporteur : Philippe Jacq.

PHYSIQUE

Description de l'épreuve

L'épreuve « activités expérimentales de physique », qui se déroulait sur trois heures, se composait d'une « partie expérimentale » durant environ 2h30 et d'une partie « ouverture » d'environ 30 minutes.

La « partie expérimentale » laissait une large part à l'initiative et à l'autonomie. Son énoncé, volontairement succinct, proposait en général de déterminer le plus précisément possible un paramètre expérimental (raideur d'un ressort, focale d'une lentille, capacité d'un condensateur...) à partir d'une liste de matériel disponible. Le candidat était invité à faire appel à l'examineur à des moments précis spécifiés dans l'énoncé de façon à présenter oralement un protocole ou des résultats expérimentaux. Une « fiche compte-rendu » regroupant schémas et résultats était également demandée aux candidats.

La partie « ouverture » ne nécessitait le plus souvent pas d'autres expérimentations mais avait pour objectif d'élargir le contexte de la première partie à diverses applications, tout en gardant un lien fort avec le domaine de l'expérimentation.

Analyse globale

Le jury tient tout d'abord à souligner la très bonne préparation globale des candidats à cette nouvelle épreuve de travaux pratiques. Les élèves se sont montrés volontaires et impliqués, et peu sont ceux qui ont été déroutés par leur contenu ou par l'autonomie nécessaire à ce type d'épreuve.

Nous avons néanmoins constaté une très grande disparité de niveau, et il n'a pas été difficile d'utiliser toute l'échelle de notation avant même harmonisation. Certains candidats sont tout à fait autonomes, montrent de grandes qualités expérimentales, proposant et menant à bien des approches variées. En revanche, d'autres candidats semblent découvrir les travaux pratiques de physique et manquent de recul et d'esprit critique par rapport aux résultats expérimentaux obtenus ($G < 1$ pour un microscope par exemple). Sans une aide répétée et conséquente, ces derniers n'auraient mené à terme aucune mesure.

Les expériences sont généralement réalisées avec soin, de manière méticuleuse. Si la rapidité d'exécution n'est pas un critère déterminant dans la notation, certains candidats prennent cependant beaucoup trop de temps à faire leurs mesures.

Les étudiants cherchent très rarement à reprendre leurs mesures quand un problème est identifié dans l'exploitation des résultats (nombre de points de mesures insuffisant ou gamme de mesure trop réduite, points visiblement aberrants...), alors que ce type de démarche, inhérent à l'activité expérimentale, est très valorisé s'il est fait à bon escient.

Trop de candidats, alors qu'ils viennent de faire des mesures erronées, remettent en cause la précision ou même la fiabilité de l'instrumentation utilisée avant même d'avoir pris le temps de la réflexion.

Le compte-rendu écrit est de qualité variable, généralement bien présenté mais parfois de façon beaucoup trop lacunaire - en particulier, les sources d'incertitude ou la discussion de leur contribution relative est presque toujours absente - ou au contraire trop détaillé. Si le compte-rendu doit présenter les schémas, les résultats expérimentaux avec leurs incertitudes et leurs unités, ainsi que quelques commentaires, de longues phrases expliquant un protocole en grands détails sont inutiles. Ces dernières doivent être formulées oralement lors des appels examinateur.

Certains candidats éprouvent des difficultés à revenir régulièrement sur le sujet, l'expérience ou le compte-rendu selon les besoins. Ce dernier doit être une aide précieuse à l'avancement

des manipulations, et il ne s'agit pas de faire les expériences avant d'avoir clairement identifié les grandeurs à mesurer et le protocole choisi.

Les sujets, pourtant en général très courts, ne sont presque jamais parcourus en entier en début d'épreuve, et certains candidats sont parfois bloqués alors que des éléments de réponse se trouvent dans la suite de l'énoncé. On ne saurait trop insister sur la nécessité de prendre du recul en se forçant à réfléchir et à saisir la finalité de l'étude.

Bien qu'il s'agisse d'une activité expérimentale, les candidats doivent être préparés à mener à bien des calculs simples sans erreurs, sans mélanger les valeurs numériques et les expressions littérales. Nous avons pu constater de grosses difficultés dans ce domaine.

La notion d'étalonnage n'est pas suffisamment bien ancrée pour être utilisée spontanément.

Critères d'évaluation

La spécificité de l'épreuve tient à la mise en situation du candidat comme acteur de l'expérience, qui manifeste un savoir-faire expérimental tout en prenant en compte l'objectif de recherche scientifique, les contraintes matérielles spatiales et temporelles et les règles de sécurité. Les compétences scientifiques sont fortement associées à celles du domaine de l'initiative et de l'autonomie. Les compétences de communication sont également mobilisées par cette épreuve.

Nous tenons à rappeler ici les compétences intervenant dans la notation de la prestation des candidats.

- *S'approprier*

Le candidat doit s'approprier la problématique du travail à effectuer et l'environnement matériel (à l'aide de la liste du matériel et des documents fournis) afin de mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.

- *Analyser*

Le candidat doit être capable de justifier ou de proposer un modèle et un protocole d'analyse qui servira de base au choix ou à la justification des modalités d'acquisition et de traitement des mesures. Une grande liberté est laissée aux candidats. L'examineur s'efforce de rendre possible la réalisation du protocole choisi, dès lors que celui-ci est viable. Tout protocole viable et mené à bien est valorisé. Les protocoles permettant des mesures précises sont valorisés davantage. Il est souhaitable pour le candidat d'imaginer plusieurs protocoles pour pouvoir, éventuellement suite à une discussion avec l'examineur, choisir le plus précis.

- *Réaliser*

Le candidat doit mener à bien son expérimentation. Le réglage d'un instrument ou la prise d'un point de mesure doit être réalisé avec le plus grand soin et la plus grande précision possible. Par exemple, le jury a tenu compte de la netteté et de la finesse des raies observées dans un goniomètre ou encore de l'utilisation optimale du gain et de la base de temps pour déterminer un déphasage ou un temps de montée sur l'écran d'un oscilloscope. La mesure de la période d'un pendule sur un grand nombre de période plutôt que sur une unique oscillation a été valorisée. Les candidats qui préfèrent utiliser leur propre règle en plastique avec des graduations peu fiables et souvent à peine lisibles plutôt que les réglets ou des pieds à coulisse fournis ont été sanctionnés.

- *Valider*

Le candidat doit être capable d'identifier les sources d'erreurs, d'estimer l'incertitude sur une mesure unique ou sur une série de mesures, de présenter les résultats finaux sous une forme cohérente avec le niveau de précision adéquat et avec la bonne unité.

Le candidat doit garder un regard critique sur ses résultats. Il est attendu des candidats qu'ils se rendent compte de certaines incohérences évidentes : un candidat trouve un pas de réseau optique égal à 10 pm et se contente de commenter : « c'est petit ». Après questionnement, il s'est avéré que celui-ci n'avait aucune connaissance sur les dimensions atomiques.

Par ailleurs, rares sont les candidats qui exploitent réellement ou commentent leurs mesures et l'information apportée par l'incertitude. Lors de la comparaison entre deux mesures d'un même paramètre, il est attendu davantage que l'affirmation « c'est le même ordre de grandeur ».

- *Communiquer*

Le candidat doit être à même d'expliquer, de présenter et de commenter sous forme écrite dans son compte-rendu et à l'oral lors des appels examinateur l'expérimentation conduite et les résultats obtenus. Il doit pouvoir formuler des conclusions et savoir faire preuve d'écoute.

Il est à noter que les examinateurs ont chacun suivi quatre candidats lors des trois heures d'épreuve. Ils ont su se montrer disponibles de manière à instaurer un dialogue. Ainsi, une évaluation la plus objective possible du niveau des candidats a pu être mise en œuvre. Nous mettons en garde sur le fait que l'attitude de l'examineur ne doit pas être interprétée de façon erronée : si ce dernier se montre toujours bienveillant, le candidat ne doit pas attendre de sa part une validation de son travail.

Critères n'entrant pas en compte dans l'évaluation

Comme il a été spécifié aux candidats en tout début d'épreuve et dans les énoncés, aucune technicité dans la maîtrise d'un logiciel ou d'un appareil de mesure spécifique n'était attendue.

En complément d'une notice explicative simplifiée, examinateurs et techniciens ont ainsi fait en sorte qu'un élève utilisant pour la première fois un logiciel ne soit pas pénalisé par rapport à d'autres candidats pour lesquels ce matériel aurait été familier.

Néanmoins, bon nombre de candidats considèrent que c'est le programme qui doit penser à leur place. On entend souvent: "le programme ne fait pas ce que je veux" ou "le logiciel ne marche pas". Par exemple dans la capture du mouvement d'un pendule un étudiant s'aperçoit qu'il a mesuré une abscisse x et s'étonne du fait que Regressi ne lui fournisse pas un angle.

Incertitudes

Les candidats ont dans l'ensemble été bien sensibilisés à la problématique des incertitudes, voire pour certains de façon assez « technique » (incertitudes composées avec calcul de dérivées partielles, coefficients de Student, bonne maîtrise du logiciel GUM...). On rappelle que ces connaissances ne sont cependant pas exigibles ; la propagation des incertitudes sur des relations simples, de type somme ou puissance, est systématiquement rappelée.

Par ailleurs, si la majorité des candidats évoquent spontanément les incertitudes liées à leurs mesures, ceux-ci n'exploitent presque jamais cette information. Ni l'ordre de grandeur de l'incertitude (incertitude de 0,1%, de 50% ?), souvent sous-estimée, ni sa valeur lorsque la mesure d'un paramètre a été effectuée par deux méthodes expérimentales différentes ne sont commentées. On rappelle que deux mesures dont les intervalles de confiance à 95% ne se recouvrent pas sont très peu probables et méritent au moins de reprendre les calculs, et

potentiellement de remettre en cause l'une des méthodes de mesure (existence d'une erreur systématique ou oubli d'un facteur déterminant dans l'expérience).

Quant au calcul lui-même de l'incertitude, on peut vivement regretter le fait qu'il fasse trop souvent l'objet du parachutage automatique d'une formule - parfois même fausse - sans réflexion sur l'origine même de l'imprécision de la mesure. A titre d'exemple, presque une moitié de candidats calculent l'incertitude sur une distance lentille/écran en optique à partir de la plus petite graduation du banc d'optique divisée par racine de 12 (ou par racine de 3, ou racine de 2 selon les candidats), alors que l'imprécision principale correspond à l'étendue de la plage de netteté de l'image sur l'écran. De même, suite à la recherche de la fréquence de résonance d'un circuit RLC, beaucoup de candidats pensent que l'incertitude sur la fréquence de résonance provient uniquement de l'indication de la fréquence délivrée par le GBF (négligeable ici), et non de leur méthode de pointage de la résonance.

Les examinateurs attendent des candidats qu'ils soient capables de cerner les sources d'incertitude, éventuellement d'en négliger certaines, d'en donner les ordres de grandeur et de les commenter. Aucune connaissance sur les distributions statistiques et les liens avec les incertitude-type ou les coefficients de Student n'est attendue. Dans le cas d'une mesure unique d'un paramètre, on peut utiliser un formulaire fourni ou le logiciel GUM, assisté au besoin par l'examineur, dans les cas plus complexes (on notera qu'une utilisation systématique de ce logiciel est cependant à éviter pour les cas simples). Dans le cas de la vérification d'une loi, on privilégiera une approche logicielle afin d'évaluer les incertitudes ; on préférera Regressi à Excel, car ce logiciel permet d'afficher et de prendre en compte les incertitudes. Enfin, dans le cas d'incertitude de type A sur une même mesure répétée plusieurs fois, on pourra utiliser l'un ou l'autre de ces derniers logiciels.

On notera également que les candidats oublient souvent que lors de mesures multiples d'un même paramètre, l'utilisation d'une moyenne non pondérée calculée à la calculatrice ne conduit pas à un résultat satisfaisant puisqu'il donne « trop de poids » aux points imprécis. Ainsi, à titre d'exemple, lors de la détermination de la focale d'une lentille convergente à l'aide de la relation de conjugaison de Descartes, on privilégiera l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

- on peut tracer $1/OA'$ en fonction de $1/OA$ en faisant varier la position de l'écran et déduire la valeur de la focale et son incertitude à l'aide d'une régression linéaire sous Regressi en pondérant chaque point de mesure par son incertitude de type B (cette incertitude peut varier en fonction du point de mesure) ;
- on peut également utiliser un raisonnement statistique et réaliser une série de mesures pour lesquelles on évalue f' et son incertitude de type A à l'aide de Regressi ou de GUM (le calcul de la valeur finale tient alors compte de l'incertitude et pondère davantage les points les plus précis).

Remarques spécifiques

Un tiers des sujets portait sur l'optique, un autre tiers sur la mécanique ou la thermodynamique, et le dernier tiers sur l'électronique. On notera que trois sujets donnés lors des épreuves cette année sont disponibles sur le site du concours. Les moyennes et écart-types des différents domaines ont été harmonisés de manière à ne pas défavoriser les candidats ayant été interrogés en électronique, dont les notes brutes étaient globalement moins élevées. Nous listons ci-dessous les remarques formulées par les examinateurs dans chacun des domaines de manière spécifique.

Optique

Les notions de réfraction et de conjugaison sont bien assimilées. Les connaissances des propriétés de l'œil sont satisfaisantes. Le réglage du goniomètre, à défaut d'être toujours bien compris, est dans l'ensemble bien maîtrisé (on notera toutefois que le tirage du collimateur est rarement optimisé). Il en est de même des méthodes de focométrie. Nombreux sont les

candidats qui pensent à accoler des lentilles de manière à construire une focale adaptée au montage.

Une majorité de candidats reste cependant déroutée par l'utilisation de lentilles divergentes et ne pense pas que la condition « $D > 4f'$ » peut poser des problèmes lors de l'utilisation de lentilles de petites vergences. La réalisation d'un « objet à l'infini » n'est pas acquise pour beaucoup. De plus, on rappelle que placer un écran à 1m derrière une focale de 30cm ne correspond pas à faire une « image à l'infini ». Par ailleurs, les alignements/centrages des composants optiques ne sont pas toujours vérifiés et optimisés. La lecture d'un vernier reste très discriminante.

Mécanique et thermodynamique

Les notions sont globalement bien connues des candidats, mais certains points posent systématiquement problème.

La poussée d'Archimède est encore mal assimilée ; les élèves ont du mal à comprendre qu'elle dépend de la masse volumique du fluide et du volume immergé du corps, mais pas de la masse du corps ou de celle du fluide, ni du volume du fluide. Peu de candidats réalisent que la poussée d'Archimède agit aussi sur un corps au fond d'un fluide.

En hydrostatique, les candidats savent probablement que la pression dans une colonne ne dépend que de la hauteur de la colonne, et pourtant pour de nombreux candidats la pression à 10cm dans une colonne de 1m n'est pas la même chose que la pression au fond d'une colonne de 10cm... S'ils ne comprennent donc pas que la pression dans un liquide dépend uniquement de la hauteur (pour eux, dans un tube en U, les pressions semblent n'être égales de part et d'autre qu'au point de contact des deux branches du tube...) ils savent par contre dérouler les calculs de pression dans un tube en U sans trop de difficulté. Par ailleurs, bien que la pression soit indépendante de la direction dans laquelle on cherche à la mesurer dans un fluide, de très nombreux candidats veulent absolument mettre leur capteur de pression vers le haut ou évitent de le placer trop proche d'une paroi afin d' « éviter les effets de bords ».

Lors de l'étude d'un pendule, peu sont les candidats qui se souviennent que la formule classique de la période propre n'est valable que dans l'approximation des petits angles.

Electronique

La formation des étudiants dans ce domaine semble avoir été beaucoup plus hétérogène. Si certains n'ont aucune difficulté à réaliser un montage d'électronique, d'autres semblent découvrir la discipline sur le plan expérimental et ne font pas même la distinction entre appareil source et appareil de mesure : beaucoup d'élèves croient changer la fréquence et l'amplitude du signal en modifiant respectivement la base de temps et le gain de l'oscilloscope... Si aucune technicité n'est attendue de la part des candidats quant à l'utilisation des appareils électroniques, on peut cependant regretter que beaucoup pensent pouvoir résoudre tous leurs problèmes avec la touche « autoset ». A titre d'exemple, pour un filtre passe-bande, en dehors de la bande passante, la fonction « autoset » de l'oscilloscope va modifier la base de temps de sorte à observer des parasites HF, avec 5 ns / carreau. Le candidat est ensuite surpris de ne pas trouver de signal exploitable. Certains vont même jusqu'à appuyer sur « autoset » dès que l'amplitude ou la fréquence du signal est modifiée... Nous ne saurions donc que trop conseiller de bannir l'utilisation systématique de cet outil. Il est attendu des candidats qu'ils sachent adapter la base de temps et les sensibilités des calibres au phénomène étudié, si nécessaire en calculant un ordre de grandeur du temps caractéristique. On notera cependant que nous avons systématiquement aidé les élèves quant aux problèmes de déclenchement lors des acquisitions.

Les candidats ont été relativement bien sensibilisés aux problèmes de masse des appareils électriques. Les codes couleurs sont globalement bien suivis, ce qui limite en général les problèmes de branchements, d'autant que les montages étudiés sont simples.

Lors de la mesure d'un temps de montée, il est récurrent de voir les étudiants mesurer une tangente à l'origine à l'oscilloscope au moyen d'une règle plus ou moins plaquée sur l'écran. Il

serait préférable de mettre systématiquement à profit les outils numériques (à l'oscilloscope numérique ou à l'ordinateur) pour estimer la valeur du temps caractéristique. Par ailleurs, des critères très imprécis de détermination à 3τ ou 5τ ont été présentés.

De manière générale, le choix raisonné du signal d'excitation n'est pas maîtrisé (forme, amplitude, fréquence). Une majorité d'étudiants confondent les régimes transitoires et forcés de sorte qu'ils pensent obtenir un régime pseudo-périodique dans un RLC ou une charge de condensateur dans un circuit RC en excitant le système par un régime sinusoïdal forcé.

En régime sinusoïdal forcé, la notation complexe est mal maîtrisée. Extraire un module et un argument et analyser leur effet sur un système entrée-sortie est très souvent inaccessible aux étudiants. Les notions de phase, de quadrature de phase et d'opposition de phase sont très mal maîtrisées. Cela démontre la difficulté des étudiants à mesurer correctement un déphasage et à faire le lien avec l'argument d'une fonction de transfert fournie (et réciproquement). Les candidats méconnaissent souvent les méthodes utilisant la phase dans l'étude des filtres. Ces méthodes sont pourtant souvent précises, la phase variant plus rapidement que le gain autour des fréquences caractéristiques. Par exemple, pour déterminer une fréquence de résonance en intensité dans un circuit RLC, il est plus rapide et précis de chercher un déphasage nul en mode XY plutôt qu'un gain maximal. On rappelle aussi que le diagramme asymptotique de phase peut être simplement obtenu à partir d'équivalents de la fonction de transfert complexe $H(j\omega)$.

Le choix d'une résistance adaptée pour mesurer l'intensité d'un courant n'est globalement pas maîtrisé. On rappelle que les GBF comportent une résistance interne de 50 Ohms : si la résistance du circuit est du même ordre de grandeur, la tension qu'ils délivrent peut être modifiée. De même, l'ordre de grandeur de la résistance d'entrée de l'oscilloscope et de la résistance interne d'un bobinage ou d'un fil n'est pas toujours connu.

Certains candidats pensent qu'un ohmmètre ou un capacimètre ne peuvent fonctionner sans GBF aux bornes du dipôle.

La mesure d'un coefficient d'amortissement d'un système d'ordre 2 amorti conduit souvent à de grosses confusions. On rappelle qu'il s'agit d'un nombre sans dimension ξ défini par l'équation différentielle « canonique » du système en régime libre :

$$\ddot{x} + 2\xi\omega_0\dot{x} + \omega_0^2x = 0$$

On notera qu'il peut être intéressant d'introduire la notion de facteur de qualité, en tant que nombre d'oscillations observables, à partir de ce coefficient.

Une première étude fréquentielle rapide permet de mieux cerner la zone d'intérêt d'un filtre (voisinage de sa fréquence caractéristique). On rappelle que le comportement des filtres est typiquement logarithmique en fréquence (10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz...) : cela doit influencer dans le choix des valeurs pour l'étude rapide.

Concernant les mesures à l'oscilloscope, on peut attendre des étudiants qu'ils aient été initiés à l'utilisation des curseurs ou aux fonctions de mesurage automatique simples (amplitude, valeur moyenne, fréquence des signaux, etc.), qui permettent par exemple de mesurer plus efficacement un déphasage à l'oscilloscope plutôt qu'avec la « méthode des 9 carreaux ».

On rappelle enfin que l'association parallèle d'un fil et d'un dipôle est équivalente à un fil. De même, l'impédance associée à un interrupteur ouvert est infinie et non pas nulle comme l'affirme la majorité des candidats.

Conclusion

Bien qu'il subsiste une très grande hétérogénéité, en particulier en électronique, il ressort de cette première année d'épreuve que les candidats ont dans l'ensemble été bien préparés en développant les capacités expérimentales mais aussi en insistant sur la nécessité de faire preuve de rigueur, d'autonomie et de recul par rapport au sujet. Certains candidats ont même

fait une forte impression au jury par leur esprit d'initiative et leur traitement réfléchi et rigoureux des problèmes posés. Nous encourageons donc à poursuivre la préparation en ce sens pour les années ultérieures, sans chercher à augmenter le niveau de technicité sur tel ou tel appareil ou logiciel.

Examineurs : Maria Amanti, Olivier Arnoult, Sophie Asnacios, Stéphanie Bonneau, Daniel Charrier, Vincent Delaubert, Ludovic Disseau, Alexandra Fragola, Samuel Gresillon, Elsa Javon, Raphaele Langet, Thomas Pons, Nicolas Puff, Charles Tuchendler.

Expert et Rapporteur : Vincent Delaubert