

**Banque PC inter-ENS – Session 2017**  
**Rapport du jury de l'épreuve écrite Physique–Chimie (5 h)**

- **École** : ENS de Lyon
- **Coefficient** (en pourcentage du total concours) : 8,77 %
- 5 • **Membres du jury** :
  - Pour la chimie : Bastien METTRA, Guillaume PILET, Jean-Bernard TOMMASINO, Martin VEROT ;
  - Pour la physique : Anne-Emmanuelle BADEL, Hervé GAYVALLET, Sylvain JOUBAUD, Baptiste PORTELLI.

## I Introduction.

10 Cette épreuve comprenait deux parties indépendantes participant à parts égales au barème global. La première, consacrée à la physique, proposait une étude de comportements rhéologiques de matériaux à partir de modèles élastique et visco-élastique élémentaires. La seconde, dédiée à la chimie, étudiait l'élaboration de polymères pour des cellules photovoltaïques. Le sujet est accessible *via* l'URL :  
[https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2017/04/17\\_pc\\_suj\\_phychi.pdf](https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2017/04/17_pc_suj_phychi.pdf)

15 Il est attendu que les candidats abordent les deux parties. Ce fut réalisé par la presque totalité des candidats, huit candidats ayant rendu une copie blanche en chimie et un candidat en physique.

Sur les 1 204 candidats inscrits au concours PC 2017 de l'ENS de Lyon, 738 (72%) se sont présentés à cette épreuve. Les notes attribuées s'étalent de 1,00 à 20,00, pour une moyenne de 9,79 et un écart-type de 2,98. La figure (1) présente leur distribution.

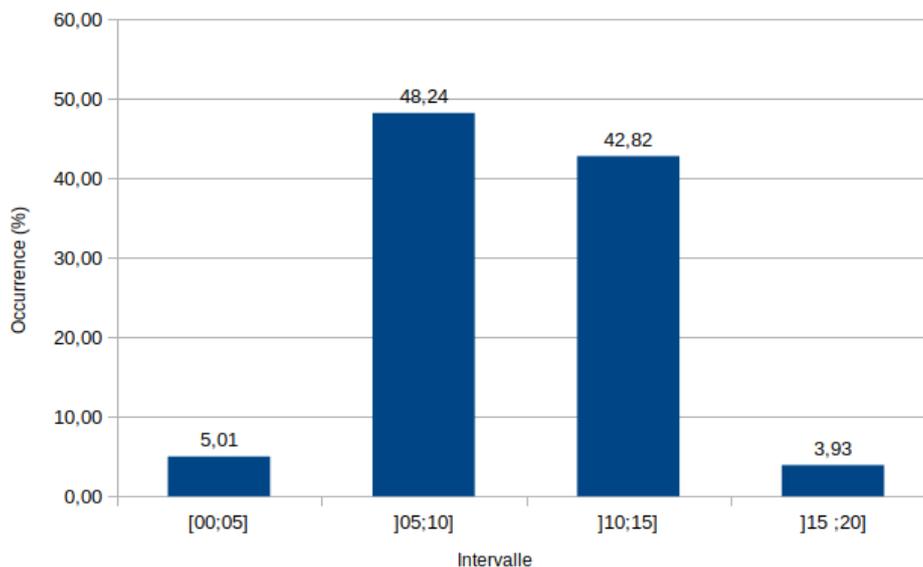


FIGURE 1 – Concours PC 2017 de l'ENS de Lyon : Distribution relative des notes attribuées.

20 Nous déplorons, encore cette année, l'importante proportion (plus d'un quart) de candidats absents à cette épreuve spécifique. Si cela est, bien sûr, lié à la structure de la banque PC et la gratuité des concours des ENS, nous encourageons néanmoins les futurs candidats à sélectionner les concours sur des écrans d'inscription du site du SCEI avec davantage de discernement, ou de réalisme.

## II Partie physique.

25 Nous suggérons aux candidats de consulter, en complément de ce rapport, la partie **II.A** (Remarques générales et conseils) de celui de la session 2016. Nous y avons proposé quelques conseils sur la façon d’aborder un problème de physique. Ce rapport est accessible *via* l’URL :

[https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2016/10/16\\_pc\\_rap\\_phychi\\_lyon.pdf](https://banques-ecoles.fr/cms/wp-content/uploads/2016/10/16_pc_rap_phychi_lyon.pdf)

30 Retenons la nécessité de lire très attentivement l’énoncé afin de bien s’imprégner du cadre de l’étude, les questions introductives s’y rapportent souvent directement. Il est également indispensable de comprendre le libellé, mais aussi l’objectif ou la situation, d’une question avant de tâcher d’y répondre. De nombreux candidats ont négligé ces étapes, n’ayant alors eu qu’une interprétation trop réduite, superficielle, ou à trop courte vue, des questions.

35 Soulignons encore que le “bluff” est à proscrire absolument. Pourtant, un nombre significatif de candidats le pratique sans vergogne, prétendant (souvent au prix de justifications fallacieuses et à grand renfort d’effaceur) avoir “démonstré” le résultat demandé qui est, par ailleurs, donné dans l’énoncé. Cette pratique malhonnête n’est jamais au crédit du candidat. Au contraire, l’attitude qui consiste à constater et reconnaître un désaccord entre un résultat établi et celui attendu est toujours valorisée par le jury. C’est sur cet acte critique que toute démarche scientifique s’édifie.

40 Enfin, il est attendu qu’un résultat soit accompagné d’une rédaction suffisante : un résultat “balancé” (même s’il est encadré !), comme nous pouvons parfois le rencontrer, n’est jamais considéré (ne serait-ce que par équité vis-à-vis des candidats qui ont pris la peine de rédiger leur réponse comme il se doit).

### II.A Remarques générales et conseils.

45 Nous commentons, question par question, les erreurs qui nous ont paru les plus marquantes, courantes ou révélatrices de lacunes particulières.

#### Considérations préliminaires (I.A).

1. Cette question avait pour seul but de permettre aux candidats de se familiariser avec la notion de contrainte nouvellement introduite. Elle n’a pourtant été convenablement traitée que par moins de la moitié des candidats. Le plus souvent, le principe fondamental de la statique n’a pas été écrit. Le système et ses interactions avec l’extérieur n’ont pas toujours été définis. De très nombreux candidats ont additionné poids et contrainte sans même réagir au défaut d’homogénéité de la relation ainsi obtenue.
2. Il convient de comparer des modules et non des valeurs algébriques (et en aucun cas des vecteurs, ni des grandeurs de dimensions différentes !). Les qualificatifs “grand” et “petit” n’ont aucun sens, dans l’absolu.
3. Seuls quelques candidats ont donné une réponse issue d’une véritable réflexion. Les autres ont avancé des arguments fantaisistes auxquels on peut douter qu’ils souscrivent eux-mêmes.

#### État de contrainte uniaxial (I.B).

4. Nous avons noté quelquefois une confusion entre non-linéaire et non réversible. Un comportement non-linéaire peut être réversible, c’est d’ailleurs toujours le cas lorsque ce comportement non-linéaire est d’origine purement élastique. Par ailleurs, rappelons que “élastique” ne sous-entend pas “linéaire”.
5. Pour accéder à une valeur du module d’élasticité  $E$ , les candidats ont souvent imaginé une expérience (par exemple, la déformation d’une gomme). Toutefois, pour que cette approche soit fructueuse, l’expérience doit se situer dans le contexte sensible : comment avoir idée, *a priori*, de l’ordre de grandeur de la déformation d’un cube d’aluminium de trente centimètres de côté, soumis à une charge de trente tonnes ?  
Une très infime partie des candidats a pensé à passer par la vitesse du son dans un solide pour obtenir une valeur de  $E$ . Cette relation figure pourtant dans le programme et l’ordre de grandeur pour un métal tel que l’acier est à retenir.

Notons que la valeur de cette grandeur peut varier sur une très large gamme, selon le matériau. Il est donc indispensable que le choix de ce dernier soit précisé.

6. L'argument justifiant l'égalité  $v_x = v_y$  ne peut porter sur des conditions particulières de charge, ou sur la géométrie du système sollicité, comme beaucoup de candidats l'ont affirmé. La grandeur  $v$  est propre au matériau et, dans l'approximation linéaire, est une constante.

Nous avons noté des confusions fréquentes entre symétrie géométrique, symétrie de charge et symétrie de comportement (isotropie, en l'occurrence), d'autres entre les qualificatifs "homogène" et "isotrope".

Quelques candidats ont tenté de justifier cette égalité en invoquant une condition de conservation de la matière, d'ailleurs systématiquement confondue avec une condition de conservation de volume. Le plus inquiétant étant que certains ont pensé y être parvenus !

7. Cette question, relevant pourtant du champ des méthodes fondamentales, a été particulièrement mal traitée. Il était demandé "d'établir" le résultat et non simplement de l'annoncer comme une vérité qui aurait statut de postulat. Pour cela, il convenait d'établir un bilan élémentaire d'échange de travail entre la structure élastique et l'opérateur mécanique extérieur assurant  $F = \text{Cste}$ . On peut d'ailleurs remarquer que cette situation est rigoureusement analogue à celle du système bien connu (masse, ressort, Terre). Notons, au passage, que le terme " $-Fx$ " ne représente pas "une énergie potentielle de la structure" comme l'ont annoncé certains candidats. Il s'agit de l'énergie d'interaction entre la structure et l'opérateur extérieur particulier ( $F = \text{Cste}$ ). Quelques candidats ont tenté une approche en terme de force plutôt qu'en terme d'énergie. Bien appliquée, cette méthode (toutefois assez lourde), conduit alors directement au système d'équations (6) de l'énoncé. À cette occasion, soulignons qu'une composante de rappel (par exemple selon  $\vec{u}_x$ ) d'un ressort diagonal ( $k, \ell_0$ ) reliant les nœuds  $i$  et  $j$  de la structure s'écrit  $R_{i/j,x} = -k(\ell - \ell_0)\vec{u}_{ij} \cdot \vec{u}_x$ , et non pas  $R_{i/j,x} = -k(\ell_x - \ell_{0x})$ .

8. Peu de candidats ont su conduire les calculs sans erreur. Nous avons relevé des erreurs de fond et de simples erreurs de calcul dans les développements limités. Parmi les erreurs de fond, citons :

- Allongement (par exemple  $x$ ) pris pour la longueur d'un ressort (au lieu de  $a + x$ , pour l'exemple) ;
- Confusion entre énergie élastique et force de rappel (ce qui conduit – ou devrait conduire – naturellement à un problème d'homogénéité) ;
- Expression de l'énergie élastique connue qu'approximativement (préfacteur  $1/2$  omis, signe erroné  $E_p = -(1/2)kx^2, \dots$ ) ;
- Expressions non homogènes.

Notons que chercher à développer  $\Psi(x + x/a)$ , comme l'ont proposé quelques candidats, pour accéder au résultat est d'emblée voué à l'échec ! D'autres, par ailleurs assez discrets sur leur démarche, semblent être remontés au potentiel  $\Psi$  par intégration des équations (6). Pourquoi pas, si l'on ne sait pas s'en sortir autrement, mais il faut alors présenter la méthode adoptée (comme toujours d'ailleurs et ici en particulier, ne serait-ce que par honnêteté).

9. Nous avons déploré beaucoup de mauvaise foi dans le traitement de cette question, notamment par les candidats n'ayant pas en main le résultat précédent : équations prétendument obtenues par un "bilan de forces", mais sans préciser par quel développement ; relations soi-disant obtenues par un "PFD au cube", mais sans proposer aucune démonstration ; résultat qui serait issu "d'une projection de l'énergie sur les axes  $x$  et  $z$ " (nous aurions d'ailleurs aimé en connaître davantage sur cette méthode, apparemment très efficace) ...
10. Le calcul est immédiat, à condition de recontextualiser correctement les grandeurs et conventions introduites plus avant. Il apparaît alors que  $\Delta L_z = -2z$  (et sans compter deux fois le signe moins de l'effet de POISSON) et en remarquant que cet effet se manifeste, ici, selon la direction  $z$ .

Les candidats qui ont exprimé  $v$  en fonction de  $F$  et  $x$  n'ont sans doute pas très bien saisi quel était le statut de cette grandeur.

11. L'accès à l'expression du module d'élasticité  $E$  résulte d'une simple manipulation d'équations. L'analyse du résultat (demandée dans l'énoncé) doit notamment permettre de s'assurer de sa bonne tenue.

En raisonnant sur des associations de cubes (et donc de ressorts) en série et en parallèle on déduit directement que  $k \propto a$  (et  $k' \propto a$ ). Aucun candidat n'a proposé ce raisonnement. En revanche, le résultat a été obtenu par certains en considérant la dimension de  $E$ , ce qui est parfaitement recevable.

**État de contrainte plan (I.C).**

12. Cette question devait permettre au candidat de manipuler, dans un cadre élémentaire, les grandeurs introduites. Elle n'a pourtant pas été systématiquement bien traitée, notamment à cause d'une confusion entre allongement et allongement relatif ( $v$  apparaissant défini comme  $-\Delta L_z$  et non comme il devait l'être  $-\Delta L_z/L_z$ ).

13. Même remarque que précédemment.

14. Le théorème de superposition n'a pas toujours été bien appliqué (à la conséquence globale [élongation relative] correspond la somme des causes [contraintes], considérées individuellement). Le bien fondé de son usage, ici, n'a été que rarement clairement justifié. Écrire "on superpose les cas" n'est pas une justification, mais le descriptif de la méthode.

15. L'application n'a généralement pas posé de problème aux candidats ayant réussi la question précédente. Concernant le calcul de la variation relative de volume, nous avons relevé deux erreurs assez courantes : l'écriture " $L' = L + \varepsilon$ " (au lieu de  $L' = (1 + \varepsilon)L$ ) et la variation relative d'un produit écrite comme le produit des variations relatives des termes du produit (au lieu de leur somme).

**État de cisaillement simple (I.D).**

16. Peu de candidats ont fait la distinction entre une évolution linéaire (correspondant au cadre de notre étude) et une évolution affine.

Apparemment, la prise en compte de la graduation en "%" de l'axe des abscisses a troublé de nombreux candidats : certains ont alors donné une valeur de  $G$  nettement erronée, d'autres, plus prudents, ont exprimé  $G$  en Mpa/%. Les moins aventureux d'entre eux se sont contentés de donner une valeur sans unité !

Naturellement, il était attendu une valeur exprimée en Mpa, ou autre sur ou sous-unité. Une valeur acceptable assortie de la bonne unité, mais déduite de la partie affine, a naturellement rapporté des points.

17. Nous avons noté que la propriété d'absence de couple volumique a parfois été utilisée, et sans doute interprétée, très étrangement. Le résultat étant donné, bien sûr, tous les candidats ayant abordé cette question ont fini par l'établir, d'une manière ou d'une autre !

La seconde partie de la question n'a été traitée correctement par aucun candidat. Quelques rares candidats ont toutefois fait une analyse sérieuse de la situation, même si elle était incomplète (il fallait notamment établir que  $J \propto a^5$  [moment d'inertie du domaine cubique autour de l'axe (Ay)]).

18. Il est apparu que quelques candidats ne maîtrisaient pas la dérivation partielle, ou n'ont pas fait le lien entre le potentiel  $\Psi$  et les équations d'équilibre mécanique. Lorsque la rédaction est, de plus, squelettique, il devient difficile de déceler l'origine d'une erreur.

Très peu de candidats ont relié correctement la contrainte  $\tau$  à la force  $F$  et la longueur  $a$ . Il fallait traduire convenablement l'indication donnée ligne 72 de l'énoncé.

Attention, un schéma peut être trompeur : les variables  $x$  et  $z$  n'ont aucune raison, *a priori*, d'être égales, comme l'ont considéré certains candidats.

Notons qu'un recensement, appuyé sur une analyse physique, des grandeurs devant intervenir dans l'expression du module  $G$ , puis une considération dimensionnelle, conduisent à la bonne dépendance  $G = G(k', a)$  (à un éventuel préfacteur près).

**Lien entre les modules de Young et de cisaillement (I.E).**

19. La presque totalité des candidats ayant abordé cette question a traduit l'équilibre mécanique du domaine en sommant les contraintes qu'il subissait, et non pas les forces, ce qui introduit un facteur géométrique erroné dans le lien entre  $\sigma$  et  $\tau$ .

20. Même remarque que précédemment.

21. Les candidats qui ont abordé cette question ont su, le plus généralement, rassembler tous les résultats nécessaires déjà établis pour exprimer le déplacement  $\overrightarrow{DD'}$  (si l'on fait toutefois abstraction des conséquences du facteur évoqué précédemment).

22. Une bonne moitié des candidats n'a pas exprimé la distorsion angulaire  $\gamma$  correctement (apparition d'un [autre] facteur erroné).
23. Presque tous les candidats ayant traité correctement les deux précédentes questions ont su établir la relation entre  $G$ ,  $E$  et  $\nu$  (si l'on fait encore abstraction des conséquences des facteurs erronés).  
 Une vérification dimensionnelle aurait permis aux quelques candidats qui ont fait intervenir, dans la relation de HOOKE en question (21), la déformation  $\overline{DD}^2$  au lieu de la déformation relative correspondante, de déceler cette erreur puis de la corriger.
24. Cette question demande un travail de synthèse. Quelques candidats l'ont très bien traitée. Beaucoup d'autres ont manqué de rigueur et surtout de clarté dans le développement de leur argumentation.

### Viscoélasticité d'une solution de polymères (II).

25. Étonnamment, le nombre de candidats ayant répondu de façon précise et claire à cette question est assez faible.  
 Pour certains candidats, la linéarité évoquée dans la question faisait référence au fait que le ressort et l'amortisseur apparaissant dans le modèle étaient "alignés" !
26. Nous avons noté beaucoup de réponses basées sur une large diversité d'arguments étranges, ou d'apparence farfelue, par exemple "on a négligé la masse c'est donc un solide". Là encore, il est important de savoir développer avec rigueur des arguments et exposer clairement sa pensée.  
 Il s'agissait, bien sûr, de raisonner sur le comportement restitué par le modèle. Par exemple, en imaginant l'échantillon soumis à une contrainte constante. Va-t-il alors atteindre une forme d'équilibre, comme un solide le ferait, ou va-t-il s'écouler (fluer) comme un liquide ?
27. Notons que les paramètres géométriques sont ici  $S$  et  $d_0$ , et non plus  $a^2$  et  $a$ .
28. Seuls quelques très rares candidats ont obtenu l'équation différentielle recherchée.  
 L'erreur la plus répandue est l'addition des contraintes, conséquence de l'absence d'analyse mécanique préalable du dispositif. Nous avons d'ailleurs souvent noté une imprécision du langage : "application du PFD au système tout entier"; "application du PFD au rhéomètre" ... D'une manière générale, le système mécanique considéré n'est que très rarement défini (du moins précisément), et l'inventaire des actions extérieures auxquelles il est soumis qu'exceptionnellement établi.
29. On peut toujours établir une correspondance formelle entre deux systèmes régis par des équations différentielles analogues (par adimensionnalisation, ces équations peuvent alors être rendues identiques). Ici, on attendait tacitement que la correspondance conserve la nature, dissipative ou conservative, des éléments mis en relation (correspondance physique). Compte-tenu du cadre de la modélisation (régime sous-inertiel), il s'agit de faire correspondre au système mécanique ( $E, \eta; \sigma, \dot{\epsilon}$ ) (série) le système électrique ( $C, R; u, i$ ), l'association appropriée de  $R$  et  $C$  étant à déterminer.  
 Quelques candidats ont su établir, en suivant véritablement un raisonnement, une correspondance formelle (ce qui est déjà un très bon point), les autres se sont contentés de la fixer arbitrairement. Leur choix s'est alors systématiquement avéré malheureux.
30. La réponse à cette question est conditionnée par celle de la question (28). Quoi qu'il en soit, le résultat ( $E'/E = f(\Omega)$  et  $E''/E = g(\Omega)$ ) obtenu doit demeurer en accord avec le modèle de MAXWELL, testé dans la gamme des BF (régime visqueux), puis des HF (régime élastique). Ce test aurait permis aux nombreux candidats n'ayant pas obtenu la bonne équation différentielle de revenir sur leurs calculs.
31. Le traitement de cette question nécessite d'avoir obtenu les expressions correctes de  $E'$  et  $E''$ , demandées à la question précédente.
32. Les résultats proposés, d'ailleurs pas toujours faux, sont souvent davantage issus du bricolage que d'une démarche rigoureuse.
33. Le résultat étant donné, tous les moyens ont semblé bons à certains candidats pour finir par l'obtenir, même à ceux ayant travaillé directement sur un produit de grandeurs complexes ...

- 210 **34.** Les correspondances ont été affirmées sans aucune justification (qui serait, certes, plus difficile à fournir par les candidats n'ayant pas obtenu les expressions correctes de  $E'$  et  $E''$ ). Il est regrettable que cette question n'ait pas fait l'objet de l'analyse attendue.
- 35.** Là encore, cette question ne pouvait être traitée avec succès que par les rares candidats ayant obtenu les expressions correctes de  $E'$  et  $E''$ .  
Pour beaucoup de candidats, la réponse a consisté en une suite de calculs numériques sans en avoir préalablement précisé la trame, pas plus que la méthode suivie.
- 215 **36.** Cette question n'a pas été abordée. Elle ne nécessite pourtant aucun calcul et ne présente pas de véritable difficulté. Il suffit de s'appuyer sur l'origine des appellations "module de conservation" et "module de perte".
- 37.** Cette question n'a été qu'exceptionnellement abordée et, quelquefois, assez bien traitée.  
On pouvait répondre, au moins en partie, à cette question en analysant directement la réponse du modèle de MAXWELL à la sollicitation en échelon de déformation, en s'aidant d'un dessin représentant l'état du système  $(E, \eta)$  (ou  $(k, \lambda)$ ) à différentes dates (on peut raisonner de façon équivalente sur l'analogie électrique). Naturellement, l'analyse indicielle permet une caractérisation du système (accès aux grandeurs caractéristiques de l'équation différentielle qui lui est associée) au même titre que l'analyse harmonique conduite précédemment.
- 220 **38.** Cette question se situe, bien sûr, dans le prolongement de l'étude jusque là conduite. Sa réponse doit s'appuyer sur les résultats qui ont été établis.
- 225

## II.B Conclusion.

Par cette liste de remarques et de commentaires, basée sur des exemples contextualisés, nous espérons sensibiliser les futurs candidats aux erreurs les plus courantes. Nous souhaitons également les convaincre qu'avec un peu de réflexion et de savoir-faire il devient très accessible de réussir une épreuve écrite. En dépit du ton critique de cette liste, soulignons qu'une frange assez représentative de candidats a su aborder cette étude avec réflexion, rigueur et esprit d'analyse, révélant une bonne maîtrise des méthodes et assimilation des concepts abordés en classes préparatoires aux grandes écoles. Après deux années de véritable travail d'apprentissage de la physique, cela reste une performance que nous saluons.

230

## 235 III Partie Chimie.

Les conseils généraux que nous donnons aux candidats rejoignent ceux exposés dans la partie introductive (II) relative à la physique. Nous les encourageons également à prendre connaissances des rapports des années passées.

240 Nous insistons encore sur l'importance de formuler des réponses claires et concises, sans développement surabondant. Nous avons parfois le sentiment que certains candidats comptent sur les correcteurs pour faire le tri entre ce qui est juste, est inutile ou est largement hors contexte, voire faux.

### III.A Remarques générales et conseils.

#### Partie I-A.

- 245 **1.** Cette première question a été bien traitée, l'écriture de la représentation topologique est suffisante et ne semble pas présenter de difficultés aux candidats.
- 2.** Le proton le plus acide a généralement été trouvé par les candidats, à partir du moment où ils ont travaillé sur la molécule de départ. Le jury tient à souligner que l'écriture de formules mésomères sans aucune rédaction ne permet pas d'obtenir tous les points. De la même façon parler de délocalisation n'est pas suffisant. Il faut toutefois ne pas partir dans une rédaction d'un paragraphe et se contenter des mots-clés.

- 250 **3.** Les étapes mécanistiques ont été trop rarement correctement traitées. Le jury rappelle qu'un mécanisme est une succession d'actes élémentaires et que par conséquent il est nécessaire que chaque étape soit équilibrée. Les étapes acido-basiques font partie intégrante des mécanismes. L'écriture d'un mécanisme réactionnel impose de prendre soin de la nature réversible ou non des différentes étapes. De même, le vocabulaire est souvent imprécis sur le type d'étape élémentaire ( $S_N1$  ou 2, E1, E2, E1cb, addition). Le jury tient à rappeler
- 255 enfin que le mouvement d'un doublet électronique est symbolisé par une flèche simple qui part du doublet (pas de la charge) et arrive sur le centre électrophile. Trop de candidats ne sont pas assez précis dans leur écriture.
- 4.** L'insertion de mots-clés de base comme "réactif, solvant, base" est bien plus explicite que des périphrases souvent vagues. Le jury s'étonne qu'un certain nombre de candidats choisisse de ne pas traiter cette ques-
- 260 tion.
- 5.** Questions bien traitées même si des candidats assez nombreux oublient de dessiner le cation associé. Un certain nombre de candidats n'a pas réussi à trouver la bonne structure.
- 6.** Les commentaires de la question **3** sont valables pour cette question. Beaucoup de candidats ont fait réagir l'halogénoalcane sur la double liaison, erreur qui aurait pu être évitée avec une lecture du sujet. Il fallait
- 265 préciser la molécularité de la substitution nucléophile. Il faut veiller à conserver la charge et équilibrer la réaction lors de l'écriture d'un mécanisme.
- 7.** Même si l'utilisation des tables de RMN semble acquise pour une majorité de candidats, un certain nombre de candidats ne sait pas attribuer les protons éthyléniques en utilisant les constantes de couplage ou les protons de la chaîne aliphatique en fonction du déplacement chimique et de la multiplicité. Le jury est étonné
- 270 du très faible nombre de copies comportant les données spectroscopiques et les justifications qui permettent l'attribution (position en ppm, multiplicité, intégration et constante de couplage). Le jury conseille aux candidats de présenter ces résultats sous forme de tableaux synthétiques. Il vaut mieux utiliser une notation spécifique pour chaque proton plutôt qu'utiliser uniquement de la couleur.

### Partie I-B.

- 275 **8.** Une part non négligeable des candidats n'a pas su donner le rôle du diazote dans le mode opératoire et ne semble pas connaître la notion d'atmosphère inerte.
- 9.** Cette question a posé beaucoup de problèmes alors qu'elle consistait simplement à donner la formule de Lewis d'un anion. L'utilisation scrupuleuse des différentes règles permet de trouver facilement la structure de Lewis associée. Il faut bien entendu faire apparaître tous les doublets liants et non-liants.
- 280 **10.** L'écriture du motif du polymère a posé de nombreuses difficultés. Il ne faut pas oublier la charge sur l'imidazolium ainsi que le contre-ion.
- 11.** La question sur l'infrarouge a été moins bien traitée que celle sur la RMN. De nombreux candidats ont essayé de justifier la synthèse par des arguments farfelus. Le jury rappelle qu'en spectroscopie infrarouge il faut regarder la disparition et l'apparition de bandes caractéristiques. Le jury rappelle que l'électronégativité
- 285 est une propriété des éléments chimiques.
- 12.** Seulement une petite majorité de candidats arrive à attribuer cette bande de vibration d'élongation à la liaison O-H et donc à l'eau ou l'éthanol utilisés précédemment dans la synthèse. Il n'y avait pas d'amine primaire ou secondaire dans le milieu, donc aucune raison de voir un signal associé à ce type de vibration. Le jury rappelle qu'il faut garder un esprit critique vis-à-vis des spectres et que les signatures de solvants
- 290 ou de réactifs peuvent se retrouver sur ces derniers. Observer la vibration de  $\text{Br}^-$  est ... compliqué.

### Partie II-A.

- 13.** Le placement des atomes dans la maille proposée n'a généralement pas posé de problèmes. Cependant on ne peut que conseiller aux candidats de dessiner une maille de taille raisonnable. Les structures trop petites
- 295 ou illisibles pour les correcteurs ont toujours été sanctionnées. Utiliser du noir et du bleu foncé n'est pas judicieux car il n'est pas toujours facile de distinguer les deux couleurs. Le mieux est de distinguer les

différents types d'atomes avec des symboles distinctifs (croix/ronds, rond plein/creux, etc). Sans légende, le dessin d'une maille n'a pas de valeur.

14. Il y a confusion entre motif, maille et nombre d'atomes par maille. Nous invitons les candidats à connaître les définitions, et à savoir calculer le nombre de motifs et la coordinence.

300 15. Le jury conseille de toujours donner une formule littérale avant d'effectuer les applications numériques. Si quelques erreurs persistent sur les formules littérales, beaucoup d'erreurs surviennent sur les calculs. L'écriture de la formule littérale puis d'un résultat sans aucun calcul numérique intermédiaire pour le calcul d'une fraction comportant cinq valeurs numériques soulève des questions quant à la réalité d'avoir vraiment effectué le calcul. Le jury tient à souligner l'importance de commenter le résultat obtenu. Cependant le jury  
305 souhaite que les candidats restent consciencieux : il est curieux de dire que l'on a le même ordre de grandeur que la valeur donnée dans l'énoncé si on a deux ordres de grandeur voire plus d'écart...

## Partie II-B.

310 16. L'environnement de l'atome central n'est pas la géométrie de l'ensemble. De même, raisonner en VSEPR n'est pas pertinent pour les métaux de transition – il était donc inutile de déterminer la configuration électronique du ruthénium. La simple observation de la structure géométrique expérimentale permettait de répondre à la question.

315 17. Plutôt que des erreurs sur la nature du recouvrement des orbitales frontières, c'est surtout l'absence ou les mauvaises justifications que le jury a sanctionné. Une "symétrie latérale" n'a pas de sens alors qu'un "recouvrement latéral" oui. La définition plus rigoureuse de l'existence d'un plan d'anti-symétrie contenant l'axe internucléaire est très rarement donnée.

18. La question a été bien traitée. Le jury tient à souligner que même en l'absence de calculatrice, diviser par 1,9 est plus proche d'une division par 2 que par 1.

320 19. La question 19 devait amener à réfléchir sur la nature de la transition, en effet vers 600 nm il y a une transition qui est faible, cela signifie juste que ce n'est pas la transition HO-BV qui est la plus importante dans le phénomène d'absorption.

325 20. Le jury n'attend pas une méthode précise mais plutôt de voir si les candidats connaissent des méthodes d'analyses courantes en recherche ce qui est très rarement le cas. La prédiction à partir de l'allure des orbitales du ligand est ici incorrecte : le ligand thiocyanate peut justement se coordonner via l'atome d'azote ou de soufre, un argument purement orbitalaire sur le plus gros coefficient dans les orbitales frontières n'est pas capable de reproduire ce fait expérimental. La spectroscopie infra-rouge ou la diffraction des rayons X permet par contre une réelle attribution.

330 Les questions de cinétique ont posé beaucoup de problèmes. Si le cadre de l'étude peut sembler au premier abord un peu complexe, les questions de cinétique sont des questions classiques qui ont dans l'ensemble été pas ou mal traitées. Les questions 21 et 22 ayant de forts recouvrements, les candidats ayant répondu à la question 21 dans la question 22 (et inversement) n'ont pas été pénalisés.

21. Même si le jury félicite les candidats qui ont vu qu'il y avait une dégénérescence de l'ordre, il faut pouvoir justifier cette dernière et penser à donner la nouvelle loi de vitesse associée.

335 22. Trop peu de candidats ont utilisé la forme intégrée en concentration de la loi de vitesse d'un ordre 1 et la loi de Beer-Lambert pour montrer qu'effectivement la décroissance exponentielle de la variation d'absorbance était caractéristique d'un ordre 1. Il y a une forte confusion entre les formules  $A = \epsilon l C$  et  $A = \log(I_0/I)$  ce qui conduit à écrire de nombreuses aberrations. De même,  $\Delta A$  a une signification différente de  $A$ .

23. La méthode des tangentes implique de regarder l'intersection de la tangente sans s'intéresser au calcul de la pente. La méthode des temps de demi-réaction permettait également d'avoir le résultat. Une constante cinétique se doit d'être associée à une unité.

340 24. Pour retrouver  $k$ , le jury aimerait avoir la formule littérale avant que les calculs soient menés. Il est là encore attendu une unité pour la constante de vitesse et une phrase de commentaire critique vis-à-vis de la valeur attendue.

25. Peu de candidats semblent connaître les différentes méthodes pour remonter à un ordre partiel. De nombreuses réponses étaient possibles, mais un acronyme ( $t_{1/2}$ ,  $v_0$ , ...) ne suffit pas.

### 345 **Partie II-C.**

26. L'attribution des espèces n'a pas posé de problèmes.

27. L'attribution des pôles positif et négatif, des termes anodes et cathodes posent des difficultés à bon nombre de candidats alors que le jury voit cette question comme une question de cours sans difficulté réelle.

28. Si le rôle du liquide électrolytique est souvent connu, le jury attend une réponse détaillée sur son rôle.

350 Les questions portant sur les documents ont été bien traitées. Elles ont été valorisées par le jury notamment car le candidat y mène une réflexion, ce qui est indispensable pour de futurs scientifiques.

29. Une lecture des documents permet de répondre simplement à cette question.

30. Il était attendu une comparaison par rapport aux carbonates généralement utilisés.

355 31. Cette question ouverte n'a pas inspiré les candidats, le jury attendait juste des pistes pour améliorer le complexe ou le dispositif dans le cadre de l'étude décrite.

La dernière partie était basée sur des documents scientifiques. Cette partie a été peu traitée. Il est attendu de la part des candidats de savoir répondre à ce type de questions.

### **Partie III.**

360 32. La notion de gel (ou une description de la matière) et le lien avec le qualificatif de quasi-solide était attendu.

365 33. Cette question était aussi une question de cours. Le jury s'étonne du nombre de mauvaises réponses. Il faut savoir comment se réalise la prise d'une mesure de conductivité en solution. Cette question a permis de faire une forte différence entre les candidats. Le montage, son schéma, le vocabulaire et les précautions expérimentales à prendre sont extrêmement mal connus. Il y a une confusion totale entre montage à trois électrodes, potentiométrie, pHmétrie et conductimétrie.

34. Le jury attendait pour ce type de questions une description des résultats obtenus. Il faut faire le lien entre viscosité et conductivité.

35. Le jury attendait des relations entre structure et propriétés.

370 36. Le jury attendait le lien entre le paramètre conductivité et le rendement de la cellule. Il faut penser à discuter de l'intérêt de l'approche développée dans le cadre du sujet vis-à-vis de la production d'énergie.

37. Il fallait relier les paramètres présentés à la conductivité.

38. Une discussion sur la durée de vie des dispositifs était attendue.

39. Toutes les réponses ayant évoqué un temps d'organisation des matériaux au sein de la cellule ont été comptées justes.

375 40. Si les candidats qui ont abordé cette question l'ont généralement bien traitée, il faut, là encore, penser à justifier son choix.

### **III.B Conclusion.**

380 Les candidats qui ont abordé cette partie avec méthode, en prenant le temps d'une lecture approfondie des questions, puis celui nécessaire à la réflexion, ont pu aisément progresser dans le sujet et en couvrir une très large partie. Le jury félicite les candidats qui ont su faire preuve de rigueur dans la formulation de leurs réponses, en particulier dans l'écriture des mécanismes réactionnels.

\* \*  
\*