

2.4 Physique 2 - filière MPI

2.4.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet, intitulé *La Lune, notre satellite*, aborde différents aspects de l'étude de la Lune. Il est composé de deux parties indépendantes, elles-mêmes constituées de sous-parties indépendantes.

La première partie traite des caractéristiques de la Lune et de son orbite, et s'appuie sur diverses mesures effectuées depuis l'Antiquité.

La deuxième partie traite de deux théories pour expliquer l'origine de la Lune. La première sous-partie s'appuie sur les connaissances de dynamique en référentiel non galiléen, tandis que la deuxième sous-partie concerne la thermodynamique.

Les questions 1 à 6 et 13, relativement indépendantes les unes des autres, exigeaient de la culture scientifique générale et une bonne appropriation de l'énoncé.

Les questions 14 et 25 totalement indépendantes des autres, utilisaient des raisonnements élémentaires.

Les questions 18 et 19 appelaient des raisonnements plus élaborés.

Les questions 15, 19, 24, 28 attendaient un commentaire physique, en lien avec les informations de l'énoncé ou d'une application numérique précédente.

Les questions 7, 16 et 21 relèvent d'une simple restitution du cours. Les questions 8 à 11 et 22, peu guidées, consistaient à la réalisation de calculs classiques de cours.

Ce sujet évalue les candidats sur une étendue variée du programme : ondes électromagnétiques, mécanique, thermodynamique, appropriation de l'énoncé et analyse d'un graphe, conversions et calculs d'ordre de grandeur.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans l'annexe I.

2.4.2 Commentaires généraux

Le défaut de soin apporté aux copies atteint un niveau réellement préoccupant, au point qu'il devient difficile de suivre des candidats dans leurs exposés. Il n'a parfois même pas été possible de décrypter certains éléments de réponses. De nombreux candidats raturent leurs copies sans grand soin. Deux traits à la règle sont à préférer aux hachures.

Nous rappelons qu'en physique, un schéma clair permet souvent d'illustrer et justifier facilement une question. C'était particulièrement le cas pour les questions 2, 3, 5.

Il n'a pas été rare de trouver des abréviations dans les copies. Un futur ingénieur se doit de rédiger convenablement et en utilisant un vocabulaire précis.

Les flèches sur les vecteurs sont assez souvent absentes : oubli ? étourderie ? méconnaissance de la nature des grandeurs manipulées ? Nous encourageons les futurs candidats à être vigilants sur ce point.

Au sujet du calcul, nous insistons sur les points suivants :

- Les calculs doivent être menés de façon uniquement littérale, sans valeurs numériques au milieu de grandeurs littérales.

- Pour les application numérique, les résultats doivent être fournis au format scientifique, avec un nombre de chiffres significatifs adéquat et une unité.
- On apprécie qu'un résultat littéral soit encadré et une application numérique soulignée.

2.4.3 Conseils aux futurs candidats

Arriver aux concours avec une parfaite maîtrise du cours permettra aux candidats de traiter en confiance les situations classiques et de pouvoir aborder des situations plus nouvelles, mais s'appuyant nécessairement sur des connaissances ou compétences travaillées dans l'année.

Il est conseillé aux candidats :

- d'être vigilants sur l'homogénéité des expressions littérales,
- d'être vigilants sur la rigueur dans la manipulation des grandeurs vectorielles ou scalaires,
- de s'entraîner aux calculs numériques sans calculatrices et conversions, afin de gagner en efficacité les nombreux points attribués aux applications numériques,
- d'avoir un esprit critique sur les résultats numériques obtenus et de commenter leurs incohérences si besoin.

Enfin, le jury conseille aux candidats de rendre des copies propres et lisibles.

2.4.4 Conclusion

Cette épreuve a permis de classer convenablement les candidats. Les questions étant souvent indépendantes, les candidats ont pu continuer le sujet sans être bloqués. Le sujet était de longueur raisonnable, pourtant nombreux sont les candidats n'ayant traité qu'une petite partie du sujet.

2.5 Physique 1 - filière PC

2.5.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet étudie les émissions lumineuses rouges, appelées sylphes, qui se produisent à une altitude comprise entre 40 et 80 kilomètres lors d'orages.

Il est composé de trois parties indépendantes, qui font appel à différentes parties du programme de PCSI/PC : mécanique du point, analogie gravitationnelle du théorème de Gauss, thermodynamique, propagation d'ondes électromagnétiques dans les plasmas.

La première partie est consacrée à l'observation des sylphes. Cette observation est difficile sur Terre à cause de l'absorption du rayonnement émis par les sylphes par le dioxygène présent dans l'atmosphère terrestre. Pour contourner ce problème, cette première partie étudie alors la possibilité d'observer les sylphes depuis l'ISS, car le milieu traversé est alors moins concentré en dioxygène.

3.2 Chimie - filière MP

3.2.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet avait pour thème l'*Etude du complexe de chrome CrO_5* . Il comportait trois parties indépendantes : une première sur des études structurales des réactifs et de CrO_5 , une deuxième sur la mesure de la constante de formation de CrO_5 et enfin une dernière sur l'évolution des solutions acides aqueuses de CrO_5 . Les domaines abordés étaient variés : atomistique et oxydoréduction dans la partie 1, chimie des solutions et thermodynamique dans la partie 2 et cinétique dans la partie 3.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans l'annexe N.

3.2.2 Commentaires généraux

Dans la première partie, des connaissances simples du programme de première année sur l'architecture de la matière étaient mobilisées. Les commentaires demandés sur les longueurs de liaison nécessitaient cependant une interprétation plus poussée qu'une simple comparaison numérique. D'autre part, les quelques questions d'oxydoréduction portant sur la dismutation du peroxyde d'hydrogène ont été très souvent abordées par les candidats avec, en général, de bonnes réponses.

La deuxième partie portant sur la formation du complexe a posé plus de problèmes. Si l'introduction de la notion d'absorptivité molaire apparente a dérouté un certain nombre de candidats, nombreux sont ceux qui n'avaient déjà pas réussi à équilibrer l'équation de la réaction d'obtention de CrO_5 . La fin de cette partie par une question indépendante de thermodynamique chimique a permis néanmoins aux candidats l'ayant repérée de se raccrocher au problème.

La dernière partie présentait une étude cinétique de l'évolution des solutions acides aqueuses de CrO_5 . Le début a été souvent abordé par les candidats, mais l'application numérique finale portant sur l'ordre 1 a été plutôt délaissée.

Enfin, le jury rappelle que la présentation des copies doit être soignée, les résultats doivent être soulignés ou encadrés, les phrases explicatives doivent être simples et compréhensibles. Les règles de l'orthographe et de la grammaire s'appliquent aussi dans une copie scientifique. Le jury valorise les candidats qui mènent à terme les applications numériques. Les ratures doivent être limitées et peuvent être faites proprement lorsqu'elles sont nécessaires.

3.2.3 Conseils aux futurs candidats et conclusions

Il est primordial de bien lire l'énoncé du sujet afin de répondre à la question posée sans digression car aucun point dans le barème n'est attribué dans ce cas (ex : établir la configuration électronique du chrome à la question 6). De plus, relire la question que l'on vient de traiter avant de passer à la suivante permet de s'assurer d'avoir répondu à la totalité de la question.

Il est conseillé aux candidats d'aborder et de rédiger les questions dans l'ordre de l'énoncé. Les applications numériques doivent être explicitées et menées jusqu'à leurs termes.

Les définitions, le vocabulaire, les lois classiques doivent être maîtrisées si l'on souhaite réussir cette épreuve. Ainsi, pour cette épreuve sur l'étude d'un complexe du chrome, il fallait notamment :

- Avoir des notions d'atomistique
- Calculer une constante d'équilibre d'oxydoréduction
- Equilibrer des équations de réaction et faire un tableau d'avancement
- Etablir un diagramme de prédominance acido-basique
- Connaître la loi de Beer-Lambert
- Maîtriser les formules utiles en thermochimie
- Savoir linéariser une expression
- Exprimer le temps de demi-réaction pour une réaction d'ordre 1

Même si le sujet présentait quelques difficultés, le barème valorisait toute démarche cohérente et argumentée.

Le jury souligne qu'une bonne connaissance du cours est nécessaire et suffisante à la réussite d'une telle épreuve. Certains candidats se sont distingués par des connaissances solides et des réponses très bien argumentées, le jury tient à les féliciter.

3.3 Chimie - filière PC

3.3.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve de chimie PC 2023 comportait deux parties indépendantes divisées en 46 questions. La première partie (questions 1 à 24) s'intéressait à l'utilisation du vanadium dans le stockage d'énergie. La seconde partie (questions 25 à 46) traitait de la synthèse de l'artémisinine. De nombreux thèmes de la chimie étaient abordés, permettant aux candidats correctement préparés de pouvoir s'exprimer sur l'ensemble du sujet. La calculatrice étant interdite, les annexes fournissaient les résultats des applications numériques non réalisables sur papier.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans l'annexe O.

3.3.2 Conseils généraux

Une nouvelle fois, le jury ne peut qu'encourager les étudiants à maîtriser l'ensemble du cours de chimie, de première comme de deuxième année. Les applications numériques sans calculatrice doivent être travaillées lors la préparation, car des lacunes importantes ont été souvent constatées dans ce domaine. Une rédaction lisible, claire, dans un français que l'on est en droit d'attendre d'un étudiant de fin de deuxième année est primordiale. Il est parfois impossible de lire certains passages de copies. Les copies étant scannées, il est fortement recommandé d'employer des couleurs suffisamment distinctes afin d'éviter toute confusion. Le jury rappelle à ce sujet que l'utilisation du crayon de papier est interdite au concours. Les termes scientifiques utilisés doivent être précis, comme par exemple la différence entre calculer et mesurer. . . Enfin on note encore trop de doublets non liants oubliés dans les mécanismes réactionnels de chimie organique, ou encore des sous-produits qui « disparaissent » du mécanisme.

I Physique 2 MPI

Q1 - Pas de difficulté, la question a été plutôt bien traitée.

Q2 - Une justification simple s'appuyait sur un schéma. Nous avons trouvé de nombreuses réponses numériques de quelques jours, voire d'une fraction de jour, qui n'ont pas semblé choquer les candidats.

Q3 - La réponse s'appuie que trop rarement sur un schéma, ce qui est regrettable. Diamètre et circonférence ont été souvent confondus. Nous rappelons que la relation $\ell = \alpha R$ entre le rayon R , la longueur ℓ de l'arc, et l'angle α s'écrit avec ce dernier en radian (et non en degré).

Q4 - La notion d'angle sous lequel est vu un astre est souvent mal maîtrisée. De même l'écart relatif n'a été que rarement calculé, la plupart des candidats se contentant de calculer l'écart absolu.

Q5 - Tout comme la question 4, de nombreuses réponses ne s'appuyaient pas sur les mesures d'Aristarque de Samos.

Q6 - De nombreuses erreurs d'unité (masse laissée en tonnes, diamètre laissé en kilomètres) et oublis de la puissance 3 dans les applications numériques ont conduit à des valeurs numériques de la masse de la Lune, puis du champ de pesanteur très très faibles. Peu de candidats s'en émeuvent. Il est assez fréquent de trouver des expressions farfelues pour le volume de la boule, parfois non homogène. Champ de pesanteur et force d'attraction gravitationnelle sont régulièrement confondus.

Q7 - C'est une question de cours, qui a été plutôt bien traitée, mais la réponse était assez souvent incomplète : on attendait toutes les caractéristiques pouvant être citées sur un tel champ. Nous rappelons que l'unité usuelle du champ électrique est V/m.

Q8 - Cette question nécessitait de nombreux arguments et étapes. Elle a rarement été traitée dans son ensemble. Le raisonnement complet est une démonstration classique de cours, mais l'absence d'étapes a décontenancé les candidats, qui n'ont pas su jusqu'où aller dans le raisonnement. Les candidats ont rencontré des difficultés dans l'exploitation de la relation de passage fournie. Beaucoup considèrent que \vec{E}_1 est le champ incident et \vec{E}_2 est le champ réfléchi.

Q9 - La relation de structure est connue, mais le sens du vecteur d'onde comme sens de propagation n'est que rarement pris en compte. Pour l'onde réfléchie, qui se propage dans le sens des x décroissants, il fallait bien considérer $\vec{k}_r = -k\vec{e}_x$. Cette question nécessitant le résultat de la question précédente, a rarement pu conduire à des résultats corrects.

Q10 - Cette question se basant sur les deux questions précédentes a conduit à l'obtention de résultats divers. On n'attendait pas seulement l'écriture de la somme des deux champs incident et réfléchi, mais l'utilisation d'une formule de trigonométrie permettant la réécriture du champ résultant faisant apparaître son caractère stationnaire.

Q11 - Cette question se basant sur les deux questions précédentes a conduit à l'obtention de résultats divers. L'expression du vecteur de Poynting est majoritairement connue, mais il n'a pas été rare de voir des expressions fausses, ce qui est regrettable. Étonnamment, le vecteur unitaire a disparu quasiment systématiquement lors du calcul de la valeur moyenne du vecteur de Poynting.

Q12 - Question de cours, mais liée aux questions 7 et 10 n'a pas toujours permis les candidats de parvenir à la réponse attendue. L'établissement des modes de la cavité n'a pas toujours été identifié.

Q13 - Question très bien traitée dans l'ensemble quand elle l'a été. Il n'a cependant pas été rare de lire $\lambda = \frac{1}{f} \dots$. Et le facteur 2 à prendre en compte n'a pas toujours été bien placé par incompréhension ou lecture trop rapide ?

Q14 - Cette question, bien que facile et indépendante des questions précédentes n'a pas toujours été traitée. Quand elle l'a été, près de la moitié des candidats a oublié le facteur 2 lié à l'aller-retour, et obtenu alors une distance Terre-Lune double.

Q15 - La notion de densité est souvent mal maîtrisée, il n'a pas été rare de lire « la plus grande masse de la Terre par rapport à la Lune est la cause de sa plus grande densité ».

Q16 - Les expressions des deux forces d'inertie sont connues de façon approximative. Il est regrettable que des formules non homogènes soient fournies. Beaucoup de candidats ne définissent pas les grandeurs introduites, ce qui ne permet pas d'évaluer la connaissance précise de ces expressions. Bien que l'expression générale de l'accélération d'entraînement ne soit pas au programme de MPI, il n'a pas été rare de la trouver dans les copies. Il est préférable de connaître parfaitement les deux expressions dans le cadre strict du programme afin de pouvoir les utiliser convenablement. Compte-tenu du contexte, c'était l'expression de la force d'inertie d'entraînement dans le cas du référentiel entraîné est en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen qui était attendue.

Q17 - Cette question a été très souvent mal traitée. Nous rappelons que dans le référentiel terrestre non galiléen, le poids est la somme de la force d'attraction gravitationnelle et de la force d'inertie d'entraînement. Effectuer un bilan des forces n'est pas écrire le principe fondamental de la dynamique, et on ne peut se contenter d'une liste de vecteurs sans précision de quelle force il s'agit. L'objet est posé sur terre, la réaction du support doit donc être prise en compte, elle a été fréquemment oubliée. L'objet étant posé au sol, il était attendu que le candidat précise que la force d'inertie de Coriolis était nulle.

Q18 - Les effets de la force d'inertie de Coriolis et d'entraînement sont fréquemment confondus. La déformation de la Terre est due à la force d'inertie d'entraînement plus importante à l'équateur qu'aux pôles. La fin de la question, difficile, n'a été que très rarement abordée, et n'a jamais abouti.

Q19 - Question rarement traitée convenablement. Le début du raisonnement a très souvent manqué de rigueur, puisque la réaction du sol a très souvent été omise. Les candidats ayant poursuivi jusqu'au bout ont tout de même souvent abouti à un résultat convenable. Le commentaire final était cependant souvent très succinct.

Q20 - Question rarement traitée convenablement dans son ensemble. L'utilisation des lois fournies (loi de Stefan-Boltzmann donnée en surfacique) et informations de l'énoncé (notion d'albédo) a été délicate pour beaucoup de candidats, qui ont fréquemment oublié des facteurs. Nous regrettons que la surface d'une sphère soit régulièrement fautive, parfois non homogène.

Q21 - Les noms et unités des grandeurs intervenants dans la loi de Fourier ne sont pas toujours bien connues.

Q22 - Question peu guidée, laissant le candidat mener seul le raisonnement aboutissant à l'équation de la chaleur. Bien que ce soit un attendu explicite du programme, l'absence d'étapes intermédiaires a peut-être décontenancé les candidats. Ont été acceptés les bilans effectués à une dimension en cartésien ou en sphérique (avec justification que le problème était à symétrie sphérique), puis généralisé à trois dimensions, les démonstrations partant de l'équation générale de conservation de l'énergie. Les étapes de la démonstration semblent connues, mais nous avons constaté un manque important de rigueur, et notamment dans la manipulation des grandeurs vectorielles/ scalaires.

Q23 - Question très rarement abordée ou convenablement abordée. Elle ne présentait pourtant pas de difficulté.

Q24 - L'absence de discontinuité de la pente n'a que rarement été signalée, et les candidats ont souvent raisonné sur la valeur élevée de la température, et non sur le profil en lui-même.

Q25 - Cette question ne présentait pas de difficulté puisqu'il s'agissait de déterminer les coefficients de deux droites affines. Cependant, elle n'a été traitée convenablement que très rarement avec des erreurs de signes, de lectures de valeurs, d'unités... La très large majorité des résultats ont été donnés sans aucune unité.

Q26 - et **Q27** - Questions peu abordées.

Il y a souvent eu confusion entre l'énergie interne et la variation de l'énergie interne au cours d'une transformation en lien avec une variation de température, cette dernière étant alors choisie « au hasard ». Dans la question 26 la température n'étant pas uniforme dans chaque couche, il n'était pas possible d'exprimer directement l'énergie interne comme le produit $C_{\text{vol,roche}}T \times V_{\text{roche}}$, l'intégration de l'énergie interne d'une pellicule sphérique était nécessaire.

Q28 - Question peu traitée, pourtant peu difficile et faisable sans avoir traité les questions précédentes. Un commentaire de la valeur obtenue était attendu, en lien avec la connaissance de l'âge de la Lune.

↑RETOUR

N Chimie MP

Q1 - Globalement toujours de bonnes réponses pour les nombres d'oxydation, même si parfois les candidats proposent la réponse inverse $\text{no}(\text{O}) = +\text{II}$ et $\text{no}(\text{H}) = -\text{I}$. En revanche, la justification n'est que rarement complète. Les candidats évoquent souvent le « nombre d'oxydation de l'eau » alors qu'il s'agit en réalité de la charge de l'édifice car la notion de nombre d'oxydation s'applique à un élément chimique au sein d'un édifice. Il suffisait d'évoquer la répartition électronique avec la différence d'électronégativité.

Q2 - Bonne structure de Lewis dans l'ensemble. Cependant, les candidats se perdent dans des explications rocambolesques pour justifier que la liaison O-O est plus longue dans le peroxyde que dans le dioxygène alors qu'il suffisait de dire qu'une liaison double était plus forte qu'une liaison simple.

Q3 - Question très bien traitée par les candidats dans l'ensemble.

Q4 - La démonstration de la formule de K° n'était pas attendue. Il fallait veiller à ce que le nombre d'électrons soit cohérent avec l'équation de la question 3. De nombreuses erreurs dans la formule, avec parfois une confusion entre \ln et \log , et leurs fonctions réciproques. La conclusion « $\text{K}^\circ \gg 1$ donc réaction totale/quasi-totale/quantitative » est souvent donnée. Le jury a valorisé toute interprétation cohérente de la valeur de K° .

Q5 - Les candidats ne s'appuient pas suffisamment sur le sujet pour répondre à cette question. La formulation « favorise la réaction » est insuffisante : il est nécessaire de spécifier s'il s'agit de l'aspect thermodynamique ou cinétique (ici) qui est favorisé. De plus, dire simplement que la température et la lumière ont une influence sur la vitesse ne suffit pas, il faut préciser si ces facteurs augmentent ou diminuent la vitesse.

Q6 - Le nombre d'électrons de valence est souvent correct mais la notion de nombre d'oxydation maximal est mal connue des candidats. La configuration électronique du chrome n'était pas attendue.

Q7 - Alors que certains proposent très justement un $\text{no}_{\text{max}}(\text{Cr}) = +\text{VI}$ dans la question 6, un nombre non négligeable de candidats proposent ensuite $+\text{X}$ dans la question 7... C'est incohérent. Ils n'ont hélas pas saisi que certains atomes d'oxygène étaient engagés dans une liaison peroxyde donc de $\text{no}(\text{O}) = -\text{I}$ et non $-\text{II}$.

Q8 - Il était attendu 3 comparaisons de longueurs de liaisons ($\text{Cr}=\text{O}/\text{Cr}-\text{O}$, $\text{O}-\text{O}(\text{complexe})/\text{O}-\text{O}$ (peroxyde), $\text{Cr}-\text{O}/\text{O}-\text{O}$). Toute argumentation cohérente et correctement exprimée a été valorisée. Annoncer de simples comparaisons numériques (plus grand, plus petit) ne répond pas à la question : le jury attendait une réponse courte mais précise.

Q9 - La couleur annoncée est souvent le jaune, à tort. La notion de couleur complémentaire est souvent oubliée pour justifier la réponse. Dire « d'après l'annexe » n'est pas une justification suffisante, il est nécessaire d'expliquer sa démarche.

Q10 - Soit les candidats ont trouvé la bonne structure de Lewis, soit ils se sont inspirés, à tort, de la structure de CrO_5 donnée dans l'énoncé. Une formule de Lewis doit comporter les doublets non liants. Les formules cohérentes (respectant l'octet, avec des charges formelles correctes) ont été acceptées.

Q11 - L'erreur la plus fréquente est l'utilisation du pK_A comme abscisse du diagramme de prédominance au lieu du pH . Une justification succincte était attendue, par exemple en exploitant la formule d'Henderson.

Q12 - Un certain nombre de candidats ont réussi l'équilibrage de l'équation modélisant la réaction demandée dans l'énoncé. Une justification à propos du changement (ou non) de nombre d'oxydation est

attendue pour conclure quant à la nature de la réaction. L'écriture du quotient réactionnel à l'équilibre est souvent maîtrisée et a été valorisée en cohérence avec l'équation de la réaction proposée.

Q13 - La loi de Beer-Lambert est connue de la majorité des candidats même si le nom de la constante ϵ est parfois mal maîtrisé. Quelques confusions avec la loi de Kohlrausch ont été observées.

Q14 - Des tableaux d'avancement souvent bien remplis. Attention toutefois au cas du solvant eau, en excès, et aux ions H_3O^+ , dont la concentration est ici fixée. La variation du taux de conversion en fonction de la concentration en peroxyde est trop souvent injustifiée. Les candidats pensent, à tort, que la constante d'équilibre est modifiée par la modification de la concentration en peroxyde alors qu'il s'agit du quotient réactionnel. Le jury attendait une comparaison entre Q_r et K° .

Q15 - Question rarement abordée. La relation à démontrer étant dans le sujet, le jury a veillé à ce que la démonstration soit bien explicitée.

Q16 - Beaucoup de candidats admettent le résultat précédent, mais peu abordent cette question. Ceux qui s'y essaient pensent très souvent à utiliser le tableau d'avancement pour exprimer la concentration en peroxyde au cours du temps.

Q17 - Les candidats pensent rarement à l'utilisation de la constante d'équilibre pour exprimer le rapport de concentrations. Les calculs de K° à partir des droites sont rarement menés.

Q18 - Les candidats ont souvent délaissé cette question qui ne posait pas de difficultés particulières si les relations de thermodynamique étaient connues. Quand elle est traitée, il y a souvent des erreurs de signe dans les relations. L'application numérique a été rarement faite.

Q19 - Les candidats ont souvent un bon début de piste pour la réaction, beaucoup trouvent la bonne équation. Rappelons pour les autres que l'équation d'une réaction modélisant une oxydoréduction ne fait pas apparaître d'électrons. La notion d'oxydant et de réducteur est souvent confondue. Parfois la justification pour le caractère redox de la réaction est manquante.

Q20 - Le calcul est assez souvent mené jusqu'au bout. Certains candidats bloquent parfois sur l'expression de $[CrO_5]_{tot}$.

Q21 - Question quasiment jamais abordée.

Q22 - L'expression du temps de demi-réaction est souvent juste mais rares sont les candidats à faire l'application numérique.

↑RETOUR