

Rapport du jury Épreuve spécifique E3a
Physique - Chimie 2021

Mission prolongée pour la sonde Juno

Durée de la composition : 4 heures

La thématique du sujet proposé cette année s'intéressait à la sonde Juno dont la mission s'achèvera en Juillet 2021. Le problème proposé était subdivisé en trois parties et abordait dans des proportions équivalentes des notions du programme de MPSI et de MP.

Plus précisément, une première partie conséquente traitait :

- de **mécanique** : mouvement dans un champ newtonien de force centrale (MPSI) ;
- d'**optique géométrique** : modélisation d'un instrument d'optique (MPSI) ;
- d'**électromagnétisme** : analogie champ électrique / champ gravitationnel - champ gravitationnel créé par une distribution à répartition sphérique de masse - potentiel gravitationnel (MP) ;
- de **physique statistique** : distribution maxwellienne des vitesses (MP).

Une deuxième partie abordait des notions :

- de **diffusion thermique** : bilan d'énergie en régime stationnaire - résistance thermique (MP) ;
- d'**architecture de la matière** : structure diamant (MPSI).

Une dernière partie s'intéressait à des générateurs électrochimiques de nouvelle génération.

- partie **électrochimie** : comparaison des propriétés réductrices du lithium et du sodium du point de vue thermodynamique et cinétique (MPSI - MP) ;
- parties **architecture de la matière - thermochimie** : schémas de Lewis - augmentation du rendement de la synthèse du trioxyde de soufre (MPSI - MP).

Remarques générales

Le sujet a volontairement été conçu pour être très proche du cours. Des questions demandant une initiative plus marquée des candidat(e)s permettaient aux meilleur(e)s d'entre eux (elles) de se démarquer.

Dans la grande majorité des cas, toutes les parties du sujet ont été abordées. Le jury a pu également apprécier la qualité de rédaction de bon(ne)s voire très bon(ne)s candidat(e)s maîtrisant les notions imposées par les programmes de Physique-Chimie de MPSI et MP.

L'épreuve a été marquée par une très grande hétérogénéité de la qualité de rédaction de la solution proposée au problème posé. Le jury souhaite souligner en particulier une dégradation de la présentation des copies cette année. De nombreuses copies rendues sales, raturées, sans aucun effort de présentation ont été sanctionnées. Il est possible de barrer tout un paragraphe ou quelques mots mais les traits doivent être tirés à la règle. Les abréviations dans une copie sont à proscrire et les fautes d'orthographe à éviter !

Les schémas (tracé de rayons lumineux en optique ou représentation de mailles en cristallographie) doivent être soignés et certains légendés (sites tétraédriques dans une structure cubique faces centrées).

La malhonnêteté intellectuelle est sévèrement sanctionnée. Il est vain d'affirmer comme vraie une proposition basée sur une démonstration fausse. Le jury tient à souligner également un manque de rigueur dans la conduite des calculs (scalaires et vecteurs allègrement confondus, intégration des équations aux dérivées partielles souvent fausse, primitives de fonctions basiques fausses, graphes de fonctions faux, des fautes d'homogénéité ...)

De graves lacunes sur l'utilisation de chiffres significatifs dans les applications numériques apparaissent très fréquemment. Le jury tient à cette occasion à rappeler qu'une application numérique sans unité est sans valeur ! Les étudiant(e)s doivent également s'interroger sur la pertinence des valeurs numériques obtenues.

Rapport détaillé

1 Les caractéristiques de Jupiter

1.1 Observer Jupiter depuis la Terre

1. Question souvent mal traitée. La troisième loi de Kepler est méconnue par un nombre conséquent d'étudiants. Certains ont pu s'en sortir par application de la loi de la quantité de mouvement à un astre dont le centre décrit une trajectoire circulaire autour du centre attracteur.
2. Le volume d'une boule n'est pas toujours connu. Des applications numériques parfois absurdes et des problèmes de chiffres significatifs.
3. Question assez bien traitée. Illustrer la démarche par un schéma est pertinent !
4. La détermination de la période de révolution sidérale de Jupiter a abouti lorsque la troisième loi de Kepler était convenablement utilisée. Seul(e)s quelques candidat(e)s ont su déterminer la durée entre deux oppositions de Jupiter.
5. et 6. Questions mal traitées. Le tracé de la marche du rayon lumineux est souvent faux et l'explication permettant d'affirmer que le foyer principal image de l'objectif doit être confondu avec le foyer principal objet de l'oculaire est très souvent non justifiée ou mal justifiée. Le jury souligne également le manque de rigueur dans le vocabulaire utilisé.
7. L'utilisation de la valeur du grossissement pour déterminer si Jupiter peut être vue distinctement avec la lunette astronomique n'est pas spontanée.

1.2 La trajectoire de la sonde Juno

1.2.1 S'échapper de la Terre

8. Cette question a souvent conduit à des réponses erronées en utilisant l'énergie potentielle de pesanteur $\mathcal{E}_p = mgz$!

1.2.2 Caractéristique de la trajectoire

9. Les justifications données sont trop souvent confuses.
10. Des difficultés dans l'établissement de la planéité de la trajectoire.
11. Quelques candidats ne savent toujours pas exprimer le vecteur vitesse en paramétrage polaire !
13. et 14. L'établissement de l'énergie potentielle effective U_{eff} a été souvent obtenue à partir de calculs faux. Le tracé du graphe $U_{\text{eff}} = f(r)$ ainsi que la discussion de la nature des différentes trajectoires a posé des problèmes.
15. Cette question n'a été traitée que par les meilleur(e)s candidat(e)s.

1.3 La structure interne de Jupiter

1.3.1 Électrostatique et gravitation universelle

16. L'expression de la force d'interaction gravitationnelle subie en fonction du champ gravitationnel n'est pas toujours sue.
17. La différence attendue n'est pas souvent trouvée.
19. L'énoncé d'une loi ou d'un théorème (en l'occurrence ici le théorème de Gauss) doit être effectué à l'aide de phrases. Se contenter d'une formule sans explicitation des différents termes a été sanctionné.

1.3.2 Distribution sphérique de masse non homogène

20. On rappelle que l'étude des invariances et des symétries doit concerner les sources du champ gravitationnel pour en déduire des propriétés de symétrie de ce dernier.
21. et 22. Question bien traitée par les meilleur(e)s candidat(e)s.

23. et 24. Questions n'ayant reçu que très peu de réponses satisfaisantes. L'expression du vecteur accélération a posé de nombreux problèmes. Le caractère non galiléen du référentiel d'étude ainsi que la présence d'une force d'inertie d'entraînement n'ont été que très peu cités.

25. et 26. Lorsque la valeur de K a été trouvée, son interprétation a été bien plus problématique.

27. et 28. L'expression de la vitesse la plus probable a été obtenue par les candidat(e)s à l'aise dans la conduite du calcul littéral.

La question 28. demandait de l'initiative. Très peu de réponses satisfaisantes ont été obtenues.

2 Électronique embarquée dans la sonde

2.1 Traitement thermique de cartes électroniques

2.1.1 Conduction thermique dans une plaque

29. Cette question de cours a été dans l'ensemble traitée de façon satisfaisante.

30. et 31. Ces questions ont été bien traitées par les étudiant(e)s maîtrisant l'analogie électrocinétique / thermique.

2.1.2 Assemblage multi-cartes

32. et 33. Ces questions ont souvent donné lieu à des réponses fausses et des résultats non homogènes. L'énoncé est souvent mal lu : la condition $N \gg 1$ n'a trop souvent pas été exploitée.

L'interprétation physique des résultats a été bien menée dans les meilleures copies.

2.2 Structure cristalline du germanium

34. à 36. Ces questions de cours de cristallographie ont été bien traitées par les candidat(e)s maîtrisant le cours. Le jury souligne le manque de soin apporté à la représentation de la maille conventionnelle. Ceci a été sanctionné. Connaître l'ordre de grandeur de la masse volumique des solides permet d'éviter de grossières erreurs d'application numérique.

3 Vers des accumulateurs électrochimiques de nouvelle technologie

3.1 Accumulateur à base de lithium et de sodium

37. Cette question a été bien traitée par les étudiant(e)s prenant le soin de lire l'article proposé.

38. Le lien entre une faible électronégativité d'un élément et le caractère réducteur de l'entité concernée n'est pas automatique.

39. L'expression de la constante d'équilibre associée à l'écriture d'une équation d'oxydoréduction est problématique.

40. Le lien entre l'intensité du courant de corrosion et la cinétique de la réaction d'oxydoréduction mise en jeu n'est que très rarement évoquée. Des confusions entre propriétés thermodynamique et cinétique sont soulignées.

3.2 Accumulateur à base de soufre

41. Les schémas de Lewis demandés sont souvent faux. La notion d'hypervalence d'un élément est méconnue par la plupart des candidat(e)s.

42. Question bien traitée.

43. La loi de Van't Hoff est trop souvent méconnue.

44. Question bien traitée dans l'ensemble.

45. Des confusions entre Q_r et $K^\circ(T)$ ont entraîné des réponses erronées.

46. Cette dernière question a été bien traitée par les candidat(e)s sachant de quoi il retournait !

En conclusion

Le jury tient à préciser qu'une bonne maîtrise des notions du cours est une condition préalable à toute réussite d'une épreuve de physique-chimie. La conduite des calculs et le tracé des graphes doivent être réalisés avec un minimum de rigueur mathématique. Les fautes d'homogénéité sont souvent rédhibitoires et peuvent être facilement détectées.

Un effort doit être réalisé par les étudiant(e)s dans la présentation des copies ! Trop de copies quasi illisibles et mal présentées ont été pénalisées.

Le jury souhaite remercier les enseignant(e)s de CPGE pour le travail réalisé ces deux dernières années dans un contexte difficile.