

# Physique-chimie 1

## Présentation du sujet

Le sujet porte sur le thème de mouvements macroscopique et microscopique dans le champ de pesanteur terrestre. Il propose l'étude de deux mouvements distincts et comprend de ce fait deux parties indépendantes entre elles. La première partie s'intéresse au saut supersonique de Félix Baumgartner après avoir décrit le champ de pesanteur terrestre. La seconde partie étudie l'état stationnaire d'un neutron dans le champ de pesanteur ; elle se découpe en quatre sous-parties. La sous-partie II.A donne l'échelle caractéristique de hauteur d'un neutron soumis au champ de pesanteur. La sous-partie II.B aborde une approche semi-classique grâce à la règle de quantification de Bohr-Sommerfeld. La sous-partie II.C permet la détermination des états stationnaires. Enfin, la sous-partie II.D aborde la compréhension de l'expérience qBounce permettant ainsi une mesure de l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

## Analyse globale des résultats

Le sujet comporte plusieurs documents que les candidats devaient exploiter. Ces documents précis n'ont pas déstabilisé les candidats qui ont su extraire les informations utiles pour la suite des questions.

Tous les candidats ont abordé les deux parties en suivant linéairement le texte. Près de 60% des candidats ont abordé la première partie avec réussite retrouvant ainsi l'expression littérale et la valeur numérique de la masse de la Terre. Les questions ouvertes I.B.1 et I.B.2 ont été abordées pour un grand nombre de candidats avec plus ou moins de réussite.

La partie II de difficulté croissante a permis de différencier les candidats dans leurs compétences et dans leurs facultés de raisonnement. Un petit nombre de candidats a presque fini l'épreuve ce qui leur a permis de comprendre les objectifs de l'expérience qBounce notamment.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Propreté et soin

Un grand nombre de candidats confond encore copies et brouillon. La copie doit comporter les grandes lignes de calculs et la rédaction permettant de comprendre le raisonnement. Elle ne doit pas être le lieu des essais de résolution. Les candidats qui raturent, reviennent en arrière sur les questions, et ne rédigent pas ont *systématiquement* été sanctionnés. Le jury attend des copies propres, des raisonnements rédigés en français (c'est-à-dire avec des phrases comportant un sujet, un verbe et un complément) et des résultats encadrés.

### Applications numériques

Les applications numériques doivent avoir un nombre de chiffres significatifs adéquats. Dans tout le sujet, les données numériques étaient données avec 3 chiffres significatifs, le jury attendait donc des résultats numériques avec également trois chiffres significatifs. Les copies qui donnaient un nombre de chiffres soit insuffisant soit pléthorique n'ont pas eu les points à ces questions.

Certaines applications numériques particulièrement difficiles ont été récompensées en conséquence.

### Questions ouvertes ou non guidées

Un très grand nombre de candidats s'est lancé avec plus ou moins de réussite dans les questions ouvertes demandant de l'initiative (repérées par un trait dans la marge). Le jury a récompensé les candidats qui exposaient clairement leurs hypothèses (même fausses) et qui trouvaient un résultat (même faux). La discussion sur la pertinence du résultat et les hypothèses qui pouvaient être remises en cause a également été récompensée. L'utilisation spontanée de schémas ou graphes est trop peu fréquente. Cela rend pourtant le raisonnement beaucoup plus clair.

Dans le détail.

**I.B.1)** un simple calcul de hauteur de chute permettait d'obtenir une altitude minimale de l'ordre de 6 km.

**I.B.2)** question très ouverte et particulièrement difficile. Le jury a apprécié les candidats comprenant qu'il fallait distinguer deux phases dans le mouvement. Et pour chaque phase, certains candidats ont su exploiter les différentes données des deux documents. Même si cette question ouverte prenait du temps, le jury a voulu récompenser les efforts des candidats aboutissant à un résultat même faux.

**II.B** – partie également difficile et moins bien comprise par les candidats. Le calcul de l'intégrale  $S$  nécessitait l'utilisation d'un schéma de la trajectoire dans le plan de phases ce que n'ont pas fait la plupart des candidats.

**II.D.2a)** cette question peu guidée d'un niveau élémentaire a été réussie par plus de 80% des candidats. Attention néanmoins à la précision de la rédaction qui était attendue pour une question de ce niveau. Un graphique était utile pour étayer le propos du candidat. Le jury déplore d'autre part la présence de « bidouillages » qui ont été sanctionnés.

### Autres questions et conseils aux candidats

#### Partie I

Partie de mécanique classique sans difficulté majeure sur le plan des outils.

**I.A.1)** Énoncer signifie « faire une phrase ». Trop de candidats donnent une expression intégrale sans rédiger. Attention également au signe dans le calcul de l'intégrale et dans le signe du flux. Le facteur 4 a trop souvent été oublié. L'analyse des symétries et invariances doit être précise ; en particulier tous les plans de symétrie d'une distribution de masse ne sont pas utiles.

**I.A.2)** Certains candidats ont eu du mal à déterminer la masse intérieure. La surface d'une sphère est parfois mal connue !

**I.A.3)** Le jury s'est étonné de valeurs parfois fantaisques dans les valeurs de la masse de la Terre.

#### Partie II

Partie de mécanique quantique de difficulté croissante.

**II.A.1)** Trop de candidats lisent partiellement l'énoncé : on attend de la précision et de la rigueur dans les réponses et dans la représentation de  $V(z)$ . Pour tracer un graphe, on commence par renseigner les axes et l'origine !

**II.A.3)** Il faut également lire l'énoncé qui donne la définition de la probabilité de présence classique. Le calcul de la durée  $dt$  passée entre les altitudes  $z$  et  $z + dz$  a posé problème à plus de la moitié des candidats ! Pas mal de candidats ont proposé une loi de probabilité type Maxwell-Boltzmann, sans justification aucune.

**II.C.1)** Malgré la clémence du jury, trop de candidats se sont vus affecter la note 0 à la définition d'un état stationnaire suite à la confusion avec une onde stationnaire.

**II.C.2)** De nombreux candidats ont eux des problèmes avec le changement de variable, notamment dans la dérivée seconde.

**II.C.3)** La dérivée de  $\varphi$  n'est pas continue en 0, attention.

**II.C.5)** Tracer des graphes sans rédaction alors qu'il est demandé d'expliciter la démarche suivie a été sanctionné !

**II.D.1a)** Le jury attendait de la rigueur dans les calculs : trop de candidats croient encore que « bidouiller » a des chances de marcher !

**II.D.1c)** La présence d'un graphe log-log a désarçonné bon nombre de candidats qui n'ont pas su retrouver la pente de  $-2$  (on a vu des pentes de  $-40$  dB/décade).

**II.D.2c)** Le jury attendait de la précision sur la définition de l'effet tunnel : il ne faut pas confondre marche et barrière de potentiel. Cette question a parfois donné lieu à des réponses loufoques.

**II.D.3a)** La notion de référentiel galiléen n'est pas connue précisément par l'ensemble des candidats. Encore une fois, une réponse précise sur le caractère non galiléen du référentiel était récompensée. Le référentiel  $\mathcal{R}'$  est ici en translation rectiligne non uniforme ; ce qui n'a rien à voir avec une rotation.

**II.D.3e)** La notion de résonance est parfois (souvent) associée à un déphasage de  $\pi$  plutôt qu'à un maximum d'amplitude d'une grandeur.

**II.D.3f)** Le jury a apprécié les bons candidats comprenant la chute du taux de transmission à la fréquence de 464 Hz.

## Conclusion

Comme tous les ans, le jury attire l'attention des étudiants sur l'importance d'une lecture attentive de l'énoncé. De même, il est judicieux de prendre connaissance des relations et du formulaire indiqués souvent en fin d'énoncé.

Les questions ouvertes sont l'occasion de valoriser la capacité d'analyse. Le barème tient largement compte du caractère chronophage de ces questions et de la clarté de la présentation de la démarche.

Une grande majorité de candidats maîtrise les éléments de cours nécessaires à un raisonnement élaboré : théorème de Gauss appliqué à la gravitation, étude de la chute libre, détermination des états d'énergie accessibles à une particule quantique placée dans un puits de potentiel infini, etc. Cela a donné lieu à de nombreuses très bonnes copies et permis aux meilleurs candidats de se démarquer par leur capacité d'analyse des documents et de compréhension des situations physiques mises en œuvre dans cette épreuve. À l'inverse les candidats ayant une connaissance trop imparfaite du cours ont généralement été rapidement mis en difficulté tant dans la mise en équation que dans la compréhension des phénomènes.

Le jury attend pour l'année prochaine la poursuite de l'amélioration de la qualité de présentation et de soin des copies, particulièrement sur les questions nécessitant des calculs. Une amélioration de la rédaction est également attendue.