

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

Le sujet PSI Physique-Chimie 2 propose aux candidats l'étude de la sécurité d'une plongée à très grande profondeur à partir de l'exemple de l'expédition Deepsea Challenger menée par James Cameron dans la fosse des Mariannes. Le sujet, comportant quatre parties de physique et une de chimie, aborde des domaines variés du programme de physique et de chimie de CPGE.

En première partie, après une étude d'un modèle prenant en compte la compressibilité de l'eau pour estimer la pression dans la fosse des Mariannes, les candidats sont invités à évaluer la masse de ballast libéré par le sous-marin afin de pouvoir remonter à la surface (question ouverte). La deuxième partie est consacrée à l'estimation de la durée de vie du pilote sans apport extérieur de dioxygène. La troisième partie aborde un système de libération galvanique programmée (GTR : *galvanic timed release*). Elle comporte une question ouverte invitant les candidats à évaluer la durée au bout de laquelle le système GTR libère automatiquement le ballast par la corrosion spontanée d'une goupille en métal fortement réducteur. Enfin, la quatrième partie concerne deux stratégies de communication entre le bateau de surveillance et le sous-marin (propagation des ondes radio dans l'eau de mer puis communication par ondes acoustiques).

Les compétences évaluées dans ce sujet sont diverses, complètes et de difficultés différentes et graduées : questions proches du cours, raisonnements simples, raisonnements plus complexes, questions ouvertes avec analyse de documents, représentations graphiques, exploitation de graphes.

La plupart des savoir-faire exigibles en filière PSI devaient être mis en œuvre : schématisation, algébrisation, application numérique, rigueur de l'argumentation, esprit critique, maîtrise des ordres de grandeurs.

Analyse globale des résultats

Les questions de physique et de chimie représentent respectivement 78 % et 22 % du barème.

Si les candidats ont abordé les différentes parties de manière assez équilibrée, le taux de réussite est meilleur sur la partie I (en raison de la question ouverte **Q 7.** souvent traitée) et sur la partie IV qui comporte de nombreuses questions de cours. Comme les années précédentes, le jury est déçu des prestations en chimie, même si dans ce sujet, on peut expliquer ce constat par la question ouverte **Q 14.** qui nécessite une réflexion approfondie.

Les questions ouvertes ont été inégalement abordées. Les questions **Q 7.** et **Q 10.** ont été traitées par trois-quarts des candidats. Alors que les prestations sont souvent satisfaisantes pour l'estimation de la masse de ballast (**Q 7.**), peu de candidats ont trouvé un ordre de grandeur raisonnable de la durée de survie du pilote en **Q 10.**, le plus souvent à cause d'un problème de dimensionnement du volume de l'habitacle. Un quart des candidats a abordé la question **Q 14.** et seuls ceux qui y ont consacré une durée suffisante ont réussi à y répondre, au moins partiellement.

Le sujet comporte de nombreuses questions de cours qui ont été traitées de manière inégale. Seuls les candidats rédigeant de manière **complète** et **précise** obtiennent l'intégralité des points sur ces questions. Les abréviations (PFD, PFS, MA, MG, etc) doivent être réservées au brouillon et ne doivent pas apparaître dans la copie finale. Les applications numériques ne doivent pas être négligées et doivent être accompagnées de l'unité adaptée. Il est étonnant de lire des durées de $10^{-10} \text{ F} \cdot \text{S}^{-1}$ par exemple.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Les correcteurs attendent des copies respectueuses du lecteur : lisibles et rédigées de manière compréhensible. Un mot ou une phrase barrée proprement n'est pas sanctionnée à condition que le candidat ne récrive pas par-dessus.

Les correcteurs valorisent les réponses argumentées et sanctionnent les copies où des résultats sont écrits sans aucune explication.

Le jury rappelle quelques *règles de rédaction*.

- **Utiliser un vocabulaire précis** ne laissant aucun doute sur la compréhension des phénomènes et sur la validité de la réponse.
- **Définir toute notation** nécessaire à la rédaction, non introduite par l'énoncé.
- **Argumenter**. Un schéma bien légendé, la citation d'une loi, un rappel à un résultat précédemment établi sont des éléments de rédaction attendus et valorisés dans le barème. *A contrario*, les suites d'équations ou de formules non expliquées sont sanctionnées, surtout lorsque le résultat est fourni.
- **Distinguer les grandeurs scalaires des grandeurs vectorielles et être rigoureux**. Des inégalités entre des vecteurs ou des complexes, des signes de vecteurs ou de complexes, montrent que le candidat ne maîtrise pas la nature des grandeurs qu'il manipule.
- **Soigner les graphes**. Une représentation graphique avec des axes non légendés n'est pas notée. De même, les points remarquables doivent être mis en évidence.

Le jury recommande aux candidats de *bien lire l'énoncé*, de respecter les notations imposées et d'utiliser les indications fournies. Des candidats n'ont pas choisi l'orientation de l'axe Oz imposé par l'énoncé dans la partie I. D'autres n'ont pas tenu compte de l'hypothèse $\omega \ll \omega_c$ dans la question **Q 20**.

Le jury attire l'attention des candidats sur *l'honnêteté* des calculs menés. Dans cette épreuve, plusieurs candidats ont obtenu les expressions des questions **Q 4**, et **Q 5**, alors qu'ils n'ont pas choisi un axe Oz ascendant contrairement aux consignes du sujet. Les correcteurs ont constaté des manipulations identiques dans la question **Q 27**, où certains obtiennent l'équation de d'Alembert alors qu'une des trois équations couplées sur $p(z, t)$, $\mu(z, t)$ et $v(t)$ présente une erreur de signe.

Pour les *questions ouvertes ou non guidées*, le jury conseille aux futurs candidats de travailler les points suivants :

- indiquer clairement la référence du document dont est extraite une information ;
- attribuer un symbole aux grandeurs physiques manipulées ;
- détailler chaque étape du raisonnement et chaque calcul lorsque le raisonnement est réalisé en plusieurs étapes ;
- illustrer le problème par des schémas détaillés, légendés, annotés qui se substituent ainsi à de longs discours ;
- commenter, critiquer, valider le résultat final de manière convaincante (par comparaison à une valeur de référence par exemple).

I – Pression et plongée

Q 1. L'interprétation de la relation de la statique des fluides n'est correcte que dans 15 % des copies. Donner le nom de la loi n'est pas la réponse attendue. Des candidats confondent également l'équilibre du

sous-marin avec l'équilibre d'une particule fluide. La signification des deux termes de la relation n'a pas eu tellement plus de succès. Les points n'ont été attribués qu'aux candidats qui ont clairement identifié des forces **volumiques** en donnant leur origine physique.

Q 6. L'application numérique a été souvent correcte. Une comparaison quantifiée entre la pression mesurée et celle obtenue par le modèle est attendue, sous la forme notamment d'un écart relatif.

Q 7. Le jury se félicite que de plus en plus de candidats structurent leur raisonnement dans les questions non guidées. Le barème récompense ce savoir-faire. Les correcteurs attendent de lire :

- la liste de toutes les **données pertinentes** pour répondre à la question et la **référence** aux documents utilisés (figure 1 pour l'exploitation de la forme du sous-marin, figure 2 pour la justification du choix du C_x ...). Le candidat doit attribuer un symbole à toutes les grandeurs qu'il introduit dans la mise en équation. Le jury rappelle qu'il est préférable de donner des expressions littérales et non des juxtapositions de calculs.
- **l'exploitation de ces données** pour répondre à la question. À ce stade, le candidat doit rédiger, *par des phrases*, les étapes du raisonnement. Une liste de formules littérales ou de valeurs numériques non argumentées est sanctionnée. Par exemple, pour cette question, des schémas montrant la position du sous-marin et les forces qu'il subit à la descente et à la montée favorisent la résolution et la lecture par le correcteur.
- la réalisation des **applications numériques**. Il n'est pas interdit de réaliser des applications numériques intermédiaires.
- le **commentaire** final qui doit être quantitatif. Les réponses du type « cette masse est bien trop grande (ou petite, ou correcte) » ne sont pas récompensées. Le jury a attribué des points sur cette phase de validation aux candidats qui ont comparé cette masse à une masse de référence (ordre de grandeur de la masse totale du sous-marin par exemple ou d'un autre véhicule même terrestre).
- Enfin, un résultat aberrant doit être signalé. Il est inquiétant qu'un futur ingénieur ne s'émeuve pas d'une masse de ballast négative, d'une masse de l'ordre du gramme ou de 10^4 tonnes.

Il est fréquent que des candidats n'identifient pas la poussée d'Archimède comme la résultante des forces pressantes ; ils la prennent en compte deux fois dans les actions extérieures subies par le sous-marin.

II – Risque d'hypoxie

Q 8. Près d'un candidat sur deux ne connaît pas la composition moyenne de l'air présent dans l'atmosphère terrestre au niveau de la mer. La confusion entre azote et diazote ou entre oxygène et dioxygène a été sanctionnée. Seuls les candidats qui ont précisé que les valeurs citées étaient des fractions molaires ont obtenu la totalité des points.

Q 9. Quand on demande d'établir un résultat fourni par l'énoncé, la rédaction et l'argumentation doivent être irréprochables, concises et rigoureuses. Trop de candidats pensent avoir réussi alors qu'ils manipulent des volumes de dioxygène dans l'air au lieu de quantités de matière.

Q 10. Le volume d'air contenu dans l'habitacle a été source d'erreurs au-delà du raisonnable. L'habitacle est légendé sur la figure 1 et son caractère sphérique ne fait pas de doute. Le jury a été bienveillant avec les candidats qui ont choisi un habitacle cylindrique de longueur raisonnable mais n'a pas accepté les habitacles occupant la totalité du sous-marin.

III – Système de libération du ballast

Q 11. Le jury est déçu que tant de candidats n'identifient pas l'oxydation et la réduction. Une lecture des courbes courant-potentiel fournies par l'énoncé apporte immédiatement la réponse. Ajoutons qu'une

équation de réaction chimique doit mettre en évidence les états physiques des réactifs et produits de la réaction.

Q 14. L'énoncé ne cache pas que les deux électrodes ont des surfaces différentes. Réussir cette question nécessitait de prendre le temps de construire les étapes du raisonnement : estimation des surfaces des deux électrodes, lien entre ses surfaces et les courants surfaciques anodique et cathodique, exploitation des courbes courant-potentiel. Comme en **Q 7.**, l'étape de validation du résultat a été souvent négligée, voire totalement oubliée. Tout commentaire pertinent est noté par les correcteurs.

IV – Communication

Les candidats qui maîtrisent bien le cours ont bien valorisé leurs connaissances dans cette partie. Le jury a été attentif à la rigueur de la rédaction et a sanctionné les notations incorrectes (égalités entre vecteurs et scalaires par exemple) ou l'absence de détails dans une démonstration.

Q 19. 63 % des candidats qui abordent cette question n'identifient pas correctement les termes de courants de conduction et de déplacement.

Q 21. La détermination précise de k doit faire intervenir le sens de propagation de l'onde, indiqué dans l'énoncé.

Q 22. Le vecteur de Poynting instantané ne peut être déterminé à partir des champs électrique et magnétique complexes.

Conclusion

Une rédaction de qualité, notamment pour les questions les plus classiques (grandeurs utilisées définies, lois citées, raisonnement argumenté, résultats commentés) a permis à de nombreux candidats de se démarquer.

Une maîtrise des connaissances et savoir-faire acquis durant les deux années de classes préparatoires associée à une rédaction soignée du correcteur sont les clés de la réussite.

Le jury souhaite que ces conseils permettent aux futurs candidats de se préparer efficacement et avec confiance aux épreuves écrites du concours Centrale-Supélec.