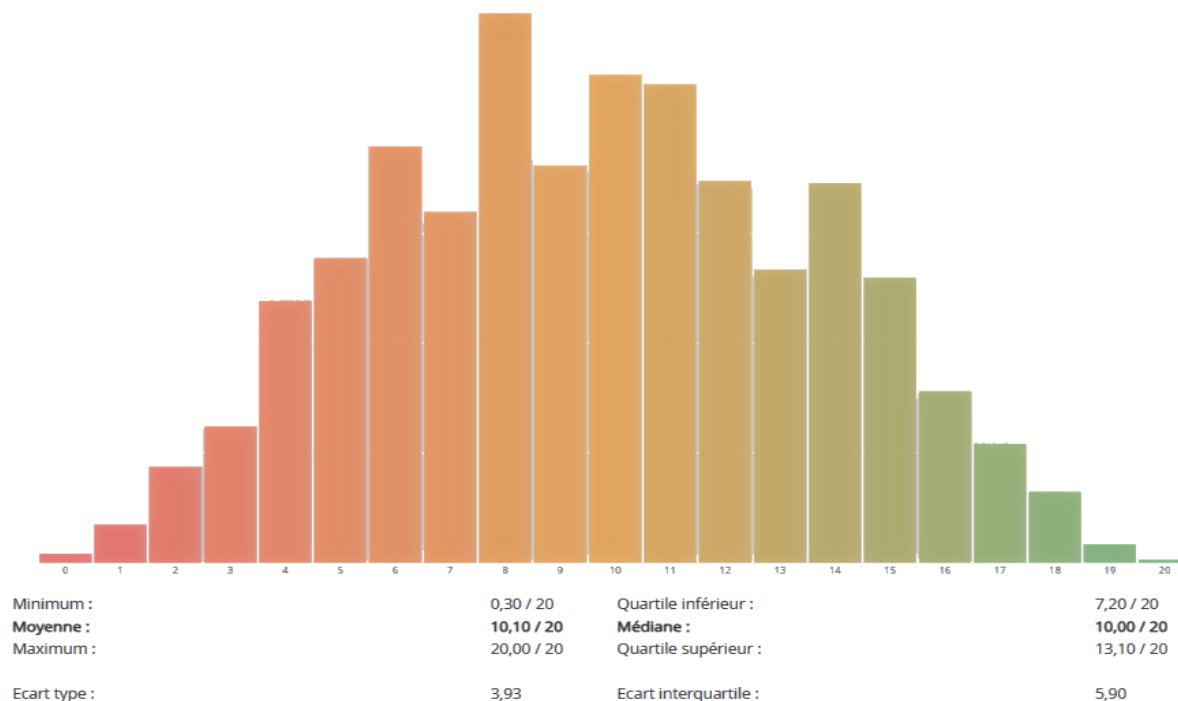


RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE

Le sujet de physique du concours A-BCPST de la session 2024 abordait différents aspects physiques relatifs à la circulation sanguine. Une première partie développait des concepts liés à la pression sanguine et à sa mesure. La seconde partie portait sur l'hémodynamique. Enfin, la dernière partie abordait l'oxygénation du sang dans les capillaires pulmonaires. Plusieurs parties du programme des deux années de classes préparatoires ont ainsi été testées, le barème récompensant les trois parties de manière comparable. Le sujet était de longueur et de difficulté raisonnables et il permettait aux étudiants ayant fourni un travail de préparation sérieux d'avancer dans les différentes parties.

Le sujet proposait une grande variété de types de questions. Les trois parties commençaient par des questions de cours ou proches du cours. Une part significative des questions permettait d'évaluer des compétences essentielles telles que la construction d'une démarche argumentée et sa mise en œuvre ou encore la confrontation d'un modèle avec des résultats de mesures physiologiques. Les applications numériques, nombreuses, permettaient de tester la capacité du candidat à exercer leur esprit critique quant aux ordres de grandeur obtenus, à expliquer les écarts entre les résultats expérimentaux et le modèle ou encore à déceler une erreur de calcul de leur part.

Statistiques générales



Commentaires généraux

- Les copies démontrent un travail sérieux et régulier de la physique de la majorité des candidats. Il y a un investissement évident dans la discipline. Les questions de cours ne donnent pas toujours lieu à l'attribution de la totalité des points, car le jury récompense davantage les candidats faisant preuve d'une rigueur irréprochable que ceux qui fournissent une réponse partielle ou imprécise. Dans l'ensemble, les concepts physiques sont bien connus des candidats.
- Les copies sont très bien présentées et souvent correctement rédigées. Les qualités de rédaction sont généralement satisfaisantes, mais on note que d'un candidat à l'autre la maîtrise de l'orthographe est très inégale. Les rares candidats qui rédigent à la hâte, abusent des abréviations, n'écrivent pas sur les lignes ou ne maîtrisent pas suffisamment la langue française sont pénalisés.
- Lorsqu'un candidat introduit une grandeur qui n'est pas mentionnée par l'énoncé, il doit être vigilant et expliciter la notation choisie. Les candidats prennent trop rarement l'initiative de représenter la situation par un schéma clair qui permet au correcteur de suivre la démonstration et au candidat d'économiser de longues explications descriptives. Les schémas clairs et proprement légendés sont valorisés dans l'évaluation de la copie.
- Comme les années précédentes, on peut regretter que certaines techniques calculatoires, comme le calcul intégral, constituent un obstacle pour une part importante des candidats, y compris lorsque les questions sont guidées. La rigueur indispensable à la conduite de calculs de quelques lignes est trop souvent absente. Lorsqu'un résultat est fourni dans l'énoncé (ou connu par cœur) et qu'un candidat cherche à l'obtenir de manière non rigoureuse, et quelquefois malhonnête, cela ne donne lieu à l'attribution d'aucun point. Cette démarche doit être absolument proscrite. Au contraire, si l'on ne trouve pas le résultat que l'on aurait voulu obtenir, on peut très brièvement écrire que l'on n'a pas réussi à aboutir au résultat souhaité.
- Le jury a constaté cette année une recrudescence de résultats non homogènes, et d'égalités du type « un scalaire = un vecteur ». Les candidats doivent acquérir le réflexe de vérifier qu'ils n'ont pas commis ce type d'erreurs, souvent simples à déceler.
- L'interprétation physique des résultats des calculs, quand elle est présente, permet souvent de lire des remarques très pertinentes dans les copies. Ces remarques, qui doivent rester brèves et précises, sont valorisées. Pour cela, les candidats doivent souvent s'appuyer sur les éléments de contexte fournis par le sujet. En particulier, une grandeur physique n'est pas « petite » ou « grande » de manière absolue, elle est petite par rapport à une autre grandeur (ayant la même dimension) utile pour décrire la situation dont il est question. Les candidats doivent s'attacher à vérifier la cohérence des ordres de grandeur obtenus.
- Ce sujet nécessitait, comme d'autres énoncés par le passé, des conversions d'unités assez nombreuses. Ces conversions ont donné lieu à des erreurs surprenantes.
- Les correcteurs rappellent que les données quantitatives à utiliser dans l'épreuve de physique sont toujours fournies par l'énoncé (éventuellement dans un document). Des candidats utilisent parfois à tort, pour répondre aux questions, des ordres de grandeur qu'ils connaissent par leur culture personnelle ou leur cours de biologie, ce qui ne donne pas nécessairement le résultat correspondant aux données de l'énoncé.
- Avec une moyenne finale, après péréquation, de 10,1 et un écart-type de 3,9, l'épreuve de physique a trouvé toute sa place dans l'objectif de classement des candidats. Les meilleures copies montrent qu'il est possible, en trois heures, de parvenir à répondre correctement à la plupart des questions posées. Exactement 200 candidats obtiennent une note supérieure ou égale à 16/20 et le jury tient à les féliciter. Ces excellentes copies démontrent la qualité de la formation des candidats et leur

motivation dans le travail, qui doivent encourager les candidats des années suivantes à réaliser des compositions semblables.

Commentaires propres à la résolution de chaque question

I. La pression artérielle

1. Cette question classique est bien maîtrisée dans l'ensemble ; quelques candidats font une erreur de signe et ne la corrigent pas toujours *a posteriori*. L'utilisation du développement limité à l'ordre 1 est rarement explicitée.
2. Le bon résultat est souvent obtenu, mais il est rarement précisé par le candidat que la masse volumique du liquide est constante.
3. Il n'est pas acceptable ici de partir d'un résultat faux obtenu à la question précédente pour aboutir sans explication à la formule juste.
4. On attendait ici une discussion sur l'ordre de grandeur de la taille d'un baromètre à eau, souvent menée correctement par les candidats.
5. La question est généralement bien réussie, les candidats évoquant le phénomène de tension superficielle.
6. La plupart des candidats ont reconnu des « ponts diviseurs de tension » et ont conclu avec la loi des mailles, ce qui permettait d'obtenir rapidement le résultat. On pouvait également raisonner sur les intensités, mais il fallait alors préciser sur un schéma les notations utilisées, ce qui n'a pas toujours été fait. Le jury a apprécié une meilleure réussite aux questions d'électrocinétique que lors de l'épreuve du concours de 2022.
7. La plupart des candidats ont trouvé la bonne réponse.
- 8b. Il fallait ici prendre garde à distinguer l'inégalité stricte ordinaire de l'inégalité forte.
- 8c. Cette question a posé des difficultés importantes à la plupart des candidats, alors que sa difficulté technique demeurerait raisonnable. Certains candidats n'ont pas su réaliser les opérations élémentaires sur les fractions nécessaires pour apporter la bonne réponse.
9. Le sens physique de la sensibilité d'un dispositif de mesure demeure obscur pour la plupart des candidats.

II. Introduction à l'hémodynamique

- 10a. La détermination des pressions a été généralement correcte.
- 10b. L'application de la formule n'a pas posé de problème, mais la justification de la pondération a été rarement correcte, beaucoup de candidats se référant à un effet de volume plutôt qu'à une moyenne temporelle.
- 10c. On demandait ici une estimation : compte tenu de la précision de lecture, il ne paraît pas opportun de proposer trois chiffres significatifs ou plus. Toutefois, aucune réflexion sur la précision n'était demandée ici, donc l'excès de chiffres significatifs quelquefois constaté n'a pas été pénalisée.
- 10d. Cette question a été bien traitée.
- 10e. La notion de spectre est totalement inconnue de la plupart des candidats, qui la confondent pour certains avec la représentation temporelle (certains candidats pensent ainsi que le pic de la systole correspond au fondamental). La notion d'harmonique est manifestement également mal comprise d'une grande partie des candidats.
- 10f. Cette question est un bon exemple des questions pour lesquelles une affirmation non justifiée (la nature du filtre donnée sans aucune explication) ne rapporte aucun point. Certaines réponses témoignent par ailleurs de lourdes incompréhensions (fréquence de coupure en mmHg, par exemple).

11. Cette question de cours, certes subtile, n'a pas donné satisfaction au jury. L'énoncé demandait d'explicitier le système, mais cela a été fait très rarement. Les schémas sont souvent absents et on ne sait si le système est fermé ou ouvert, ni si sa définition change entre les instants t et $t + dt$. Les hypothèses permettant de conclure à la nullité de la somme des forces extérieures ne sont presque jamais toutes précisées, et beaucoup de candidats font appel au « théorème d'Euler », dont le nom est cité mais dont l'énoncé et les conditions d'applications ne sont pas précisées. Le programme officiel de BCPST fait appel, pour traiter cet écoulement, à un bilan de quantité de mouvement. L'intégration de l'équation différentielle obtenue est souvent laborieuse et le profil des vitesses, dessiné dans la plupart des copies à la hâte, ne ressemble pas souvent à une parabole ; la condition d'adhérence aux parois est rarement visible sur le schéma.

12. Cette question a été nettement mieux traitée que la précédente, même si la définition mathématique exacte du débit de volume n'est pas souvent précisée. Quelques candidats cherchent à forcer l'obtention du bon résultat en s'appuyant sans doute sur la question 13, mais dans la plupart des cas le résultat est établi avec rigueur.

14. et 15. Les candidats ont compris la démarche à adopter dans ces questions, mais certaines erreurs de lecture des données du document, ou un mélange de données relatives à différents vaisseaux, ont été pénalisantes.

16. La démonstration n'a quasiment jamais été faite de manière rigoureuse, mais plusieurs démonstrations partielles, reposant quelquefois sur une analogie, ont été menées. Les applications numériques n'ont posé de problème qu'aux candidats ayant réalisé des erreurs de conversions.

17. 18. et 19. Ces questions ont souvent été bien traitées, pourvu que l'application numérique de la question 16 n'ait pas posé de problème. La notion de rendement a parfois conduit à des erreurs à la question 19.

III. L'oxygénation du sang dans les capillaires pulmonaires

21. Pour cette question, un schéma clair mentionnant les différents flux facilitait grandement la résolution.

22. La loi de Fick a été donnée sous plusieurs formes justes, mais en n'utilisant pas toujours les notations de l'énoncé, ce qui a été pénalisé. L'unité de la diffusivité est souvent connue mais plus rarement établie.

23. Le calcul nécessaire à la résolution de cette question est souvent bien maîtrisé. Cependant, l'interprétation physique de l ne saurait se résumer à « une longueur caractéristique » sans autre précision.

24. La résolution de cette question était menée correctement dès lors que les candidats raisonnaient sur la divergence de la solution.

25. Cette question a été très peu abordée et peu réussie.

26. Cette question de cours a été très bien traitée par les candidats.

27. et 28. Ces questions ont posé peu de problèmes aux candidats qui les ont traitées.

Conseils aux candidats pour les sessions à venir

- Un haut degré de maîtrise du cours des deux années du programme officiel de BCPST est une condition indispensable à la réussite des épreuves d'admissibilité en physique-chimie.
- Les candidats sont invités à répondre précisément aux questions en fonction de leur formulation : le verbe « donner » signifie qu'aucune justification n'est attendue, à l'inverse d'autres verbes comme « établir », « démontrer », etc.
- Afin de se voir attribuer la totalité des points aux réponses abordées, il est primordial de répondre en exposant brièvement **l'argumentation scientifique** (par exemple les hypothèses faites, les lois utilisées, les simplifications envisagées) avant le **développement des calculs**. Un résultat non

justifié est susceptible de ne rapporter aucun point ou une fraction très faible des points attribués à la réponse. Lorsque le résultat à établir est donné dans l'énoncé, le jury est très attentif à voir figurer sur la copie toutes les étapes de démonstration ; aucune tentative malhonnête de parvenir au résultat final sans démonstration claire n'est jamais récompensée.

- Afin de parvenir à une bonne maîtrise de la discipline, les candidats doivent s'atteler, au cours de leurs deux années de préparation, à s'interroger sur le sens des outils mathématiques qu'ils emploient et l'importance de les utiliser **avec rigueur**.
 - Dans une égalité, un vecteur ne peut pas être égal à un scalaire.
 - Il faut être plus vigilant quant aux signes : la norme d'un vecteur ne peut être négative, mais les coordonnées de ce vecteur dans une base peuvent l'être.
 - Dans une intégrale, l'écriture de l'élément différentiel est indispensable (et, la plupart du temps, cet élément différentiel participe à l'homogénéité de la relation).
 - Il faut posséder un certain nombre de notions géométriques de base utilisées en sciences expérimentales, et notamment expressions des périmètres, aires et volumes que l'on rencontre usuellement.
- Lorsque l'on trouve un résultat incohérent (valeur numérique aberrante par exemple) et qu'on ne parvient pas à déceler son erreur, il est recommandé de signaler brièvement que le résultat obtenu n'est pas satisfaisant afin de montrer son recul.

Conclusion

Nous espérons que ce rapport encouragera les candidats des futures sessions à reproduire, dans leur préparation en physique, les nombreux aspects positifs soulignés dans ce rapport. Nous les encourageons à réaliser les ajustements nécessaires pour que les fragilités évoquées soient moins présentes dans les copies à l'avenir. Nous leur souhaitons une très bonne préparation !