

Banque BCPST Inter-ENS/ENPC - Session 2018

Rapport du jury sur l'épreuve d'admissibilité de physique

Écoles concernées : ENS Paris, ENS de Lyon, ENS Paris-Saclay, ENPC

Membres du jury : M. Castelnovo, Y. Chassagneux, T. Morel, A. Raoux, C. Winisdoerffer

Coefficients (en % du total d'admission) :

- ENS Paris : Option Bio 6,6 % — Option ST 8,3 %
- ENS Lyon : Option Bio 1,4 % — Option ST 2,1 %
- ENS Paris-Saclay : 6,2 %
- ENPC : 6,3 %

Informations statistiques sur l'épreuve

- Nombre de candidats inscrits : 871
- Nombre de candidats présents : 711
- Moyenne de l'épreuve : 7,99
- Écart-type : 3,65
- Notes supérieures ou égales à 14 : 6,33 %
- Note minimale : 1,38
- Note maximale : 20

Présentation du sujet

Le sujet de physique de la session 2018 du concours BCPST était intitulé « Mécanismes de détection du son par l'oreille ». Il était composé de quatre parties indépendantes, dans lesquelles la difficulté des questions allait de façon croissante. Ce sujet était centré sur la propagation des ondes à l'extérieur et à l'intérieur de l'oreille, mais faisait appel à plusieurs domaines de la physique au programme de BCPST dont la thermodynamique, la mécanique, l'électrocinétique, la mécanique des fluides.

La première partie proposait deux modèles de la propagation du son dans l'air qu'il fallait comparer, et pour lesquels il fallait vérifier les conditions d'applicabilité. On retrouvait l'équation de d'Alembert dans les deux cas, avec une célérité des ondes différentes à comparer à la vitesse du son dans l'air mesurée expérimentalement. La deuxième partie s'intéressait à la transmission dans l'oreille de l'onde sonore et (ré)introduisait les notions de réflexion et de transmission à partir des impédances des milieux. On montre en particulier comment l'oreille moyenne permet d'améliorer significativement la transmission à l'oreille interne. La troisième partie était centrée sur la propagation de l'onde dans une cochlée très simplifiée (un seul canal rectangulaire) avec une membrane déformable (la membrane basilaire). On montre que cette membrane a des propriétés physiques d'un oscillateur qui dépend de la position, et on en déduit qu'une fréquence donnée sera détectée à une position donnée sur la membrane, ce qu'on compare à des données de simulation. L'objectif de la dernière partie est d'étudier les conséquences du mouvement de cette membrane, en particulier l'ouverture de canaux ioniques. Une modélisation mécanique du modèle porte/ressort fait apparaître un fonctionnement non-linéaire, proche d'une bifurcation.

Remarques générales

Au regard de l'ensemble des copies des candidats, le jury souhaiterait formuler quelques remarques d'ordre général.

- Il est indispensable que les candidats **aient une bonne maîtrise des notions du cours de physique** abordées en première et deuxième années. Ils doivent en particulier connaître les raisonnements classiques, les définitions fondamentales et les ordres de grandeur caractéristiques. Il est nécessaire que les candidats maîtrisent les notions de cours, comme l'application de la seconde loi de Newton ou la définition d'une OPPS. De nombreux candidats ont été pénalisés par leur mauvaise connaissance de définitions ou par leur manque de méthode.
- Le jury souhaiterait insister à nouveau sur la nécessité de contrôler **l'homogénéité des formules**. Cette vérification fait partie intégrante de la démarche scientifique. Des erreurs d'homogénéité comme des résultats numériques sans unité sont systématiquement sanctionnés.
- Dans le même ordre d'idée, il est également important que les candidats vérifient la cohérence mathématique des expressions qu'ils obtiennent. Par exemple, il n'est pas possible d'égaliser une force (un vecteur) à une pression (un scalaire).
- De manière générale, les candidats ne commentent pas assez leurs résultats, pertinents ou non. Dans un sujet orienté sur l'explication d'une capacité biologique, on s'attend de la part des candidats de BCPST à une certaine prise de recul : il ne faut pas perdre « l'objectif » du modèle physique développé et commenter en particulier sa validité aux vues des observations physiologiques.
- D'un simple point de vue stratégique, nous soulignons qu'il est souvent plus efficace de s'investir dans une partie pour gagner en profondeur de compréhension et d'être ainsi en mesure d'aborder les questions plus difficiles, plus valorisées que les questions plus simples.

Remarques spécifiques

Partie 1

- Q1-2 : les candidats ont généralement bien réussi ces premières questions proches du cours.
- Q3 : il est surprenant de constater que moins d'1 % des candidats savent mener un développement limité simple.
- Q5 : l'application numérique a très souvent posé problème alors que toutes les données nécessaires étaient présentes dans l'énoncé. Certaines copies affichaient un manque de maîtrise des racines carrées.
- Q6 : les lois de Laplace et leurs hypothèses étaient dans l'ensemble bien connues.
- Q9-11 : cette partie assez simple a été mal traitée. En particulier, peu de candidats ont vérifié l'homogénéité de leur résultats, et très peu ont montré qu'ils connaissaient la bande des fréquences audibles (20 Hz–20 kHz).

Partie 2

- Q12 : la définition d'une OPPS est très mal connue.
- Q17 : si le calcul a été tenté par de nombreux candidats, très peu ont commenté la très faible transmission de l'onde ($< 1\%$) dans l'oreille externe !
- Q18-21 : la première relation issue de l'égalité des moments a été trouvée, mais rarement pour la seconde basée sur un argument géométrique.

Partie 3

- Q25 : très peu de candidats ont dessiné comme suggéré dans l'énoncé une onde avec un vecteur d'onde augmentant avec la position. Faire un schéma permet toujours de mieux visualiser et appréhender un phénomène physique.
- Q26 : il s'agissait d'une question élémentaire à laquelle une trop grande proportion de candidats n'a pas répondu correctement. En particulier, toujours vérifier l'homogénéité de son résultat (dans la moitié des copies, lorsque le membre de gauche était divisé par la masse M , le membre de droite restait inchangé).
- Q28 : les examinateurs attendaient une conclusion sur la comparaison entre les deux modèles.
- Q31 : une question centrale pour la compréhension du problème, qui a malheureusement été peu traitée.

Partie 4

- Q48 : question élémentaire auxquels de nombreux candidats ont répondu ; mais souvent trop vite, et en confondant les deux états ouvert/fermé, ce qui était préjudiciable dans la suite de cette partie.
- Q49 : le jury a été très surpris du nombre de candidats ne pouvant répondre à cette question élémentaire de l'énergie élastique stockée dans un ressort. Un candidat se présentant au concours des ENS se doit de maîtriser la mécanique élémentaire du lycée.