

Session 2021 – Concours PSI – Épreuve Physique Ulm

Pierre Cladé - Erwann Bocquillon - Tom Bienaimé - Maxime Lanoy

Moyenne : 9.0 (sur 20)

Écart-type : 3.8

Descriptif du sujet

L'épreuve de cette session portait sur la description d'une expérience utilisée pour la mesure de la constante Boltzmann à partir de la vitesse du son dans un gaz qui est mesurée en observant les fréquence de résonance acoustique dans une sphère.

La première partie du sujet (sections 1, 2 et 3) portait sur les principes de base de l'expérience et faisait appel à des notions de cours ou très proches de celui-ci. Nous avons fait attention à introduire les concepts dans le cas d'une équation 1D et étendre ceux-ci au cas 3D. C'est particulièrement nécessaire pour les fréquences de résonance qui ne sont pas équidistantes dans le cas d'une sphère.

L'introduction des pertes est indispensable afin de comprendre précisément le signal observé. C'est le but de la deuxième partie du sujet (section 4). Les principales caractéristiques du signal (phase et amplitude en fonction de la fréquence) ont pu être calculées dans le cas d'une cavité 1D.

La section 5 du sujet était relativement indépendante du reste. Elle visait à étudier les aspects techniques du dispositif expérimental. Dans cette expérience de métrologie, il est bien sûr important de connaître les principales sources d'incertitude. Le but de cette partie était de les comprendre. Afin de réaliser l'expérience, il est nécessaire d'une part de contrôler mais aussi de mesurer précisément la température du dispositif. La mesure de la résonance implique l'utilisation d'un microphone et d'un haut parleur qui ont fait l'objet d'une description détaillée ainsi que d'une détection synchrone à double quadrature. Il a enfin été demandé aux candidats de présenter une vision globale du dispositif de mesure et de faire une analyse complète à partir de données expérimentales.

La dernière partie du sujet (section 6) visait à étudier des effets systématiques qui, de fait, limitent la précision de l'expérience. Cette partie est le complément de la première car elle vise à étudier des effets souvent négligeables sauf lorsque l'on cherche, comme c'est le cas ici, à avoir une exactitude inférieure à 10^{-5} . L'effet le plus important est lié à la pureté du gaz (pureté isotopique en particulier). Les effets thermo-acoustiques, dûs au fait que l'onde n'est pas parfaitement isentropique, induisent des effets principalement aux bords de la cavité, et décalent la fréquence de résonance. Enfin l'équation de van der Waals peut être utilisée pour calculer des corrections en fonction de la pression.

Remarques générales

L'épreuve était adaptée pour classer les meilleurs candidats. La figure 1 (haut) présente l'histogramme des notes. La figure 1 (bas) présente l'histogramme des fréquences de bonnes réponses

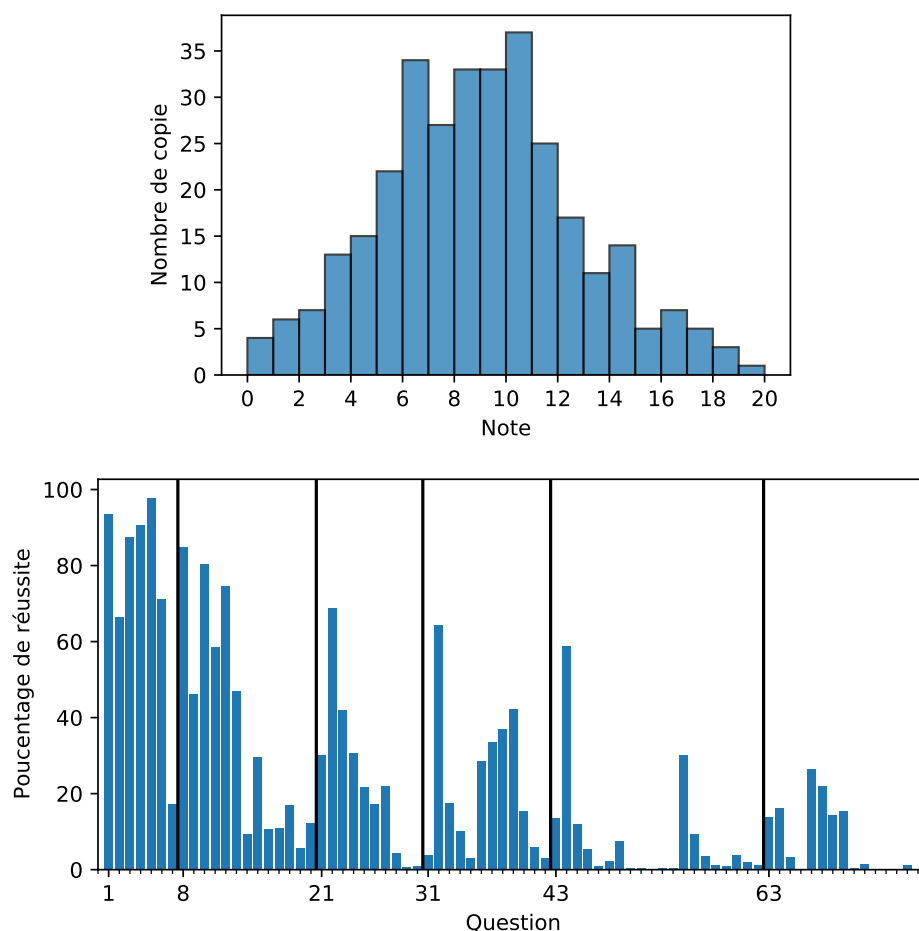


FIGURE 1 – Statistique des notes finales (sur 20) et détail du pourcentage de bonnes réponses par question.

par question. Certaines questions n’ont eu aucune bonne réponse.

Le sujet était très long mais de difficulté progressive. Les candidats ont bien répondu aux questions du début. Le jury signale qu’il était possible de s’assurer presque la moyenne en répondant correctement aux 13 premières questions ainsi que les premières questions des différentes parties.

Beaucoup de candidats n’ont traité qu’une partie du sujet. Certains candidats ont cependant fait preuve d’une bonne culture physique et d’un recul sur les questions plus qualitatives. Le jury se félicite de voir des candidats réussir à traiter de façon linéaire le sujet avec soin, rigueur et maîtrise du cours ce qui leur a permis d’avoir une vision d’ensemble du problème.

Le jury s’attend à la rigueur clarté et concision. Les meilleures copies répondent ainsi de manière efficace avec toutes les justifications nécessaires montrant que les points essentiels sont compris. Il est regrettable de voir des candidats qui ne sont pas capable de trier entre les bons arguments et ceux inutiles. Nous avons constaté que certains candidats ont très bien traité une partie du sujet jusque dans ses questions les plus difficiles (par exemple la fin de la première partie qui demandait dextérité et autonomie), mais pas assez rapidement pour gagner des points sur les autres parties. Cette observation nous semble quelque peu regrettable.

Comme trop souvent, plusieurs remarques déjà faites dans les précédents rapports ont été ignorées par une grande partie des candidats. Le jury incite fortement les candidats à l’École Normale Supérieure à lire attentivement les rapports pendant leur préparation.

Nous énumérons ici rapidement quelques unes de ces remarques :

- Le soin apporté à une copie influence fortement l'opinion du correcteur sur celle-ci. Une copie bien organisée, une écriture lisible, des résultats soulignés ou encadrés, facilitent le travail d'évaluation du correcteur. Si des passages doivent être rayés, il convient de le faire proprement.
- La rédaction scientifique doit être précise et rigoureuse : les pages de calcul enchaînées sans le moindre connecteur logique sont à proscrire. On attend des candidats d'expliquer leur raisonnement, pas de calculer aveuglément. Cette année encore, le jury a remarqué un nombre significatif de copies assez longues et saturées de calculs mal justifiés, avec une majorité de réponses incorrectes. Pour ces questions, il serait préférable de préparer les calculs à l'aide d'un brouillon !
- L'écueil opposé est aussi à éviter : les questions pour lesquelles le sujet appelle à répondre de manière brève et qualitative ne doivent pas donner lieu à des développements trop longs.
- Un résultat non homogène est un résultat faux.
- Le jury observe trop de résultats incohérents ou absurdes. Il convient, dans la mesure du possible, de vérifier la cohérence des réponses (pour soi mentalement – à ne pas rédiger sur la copie). Par exemple, il peut être avantageux de confronter les ordres de grandeurs avec l'intuition physique du phénomène, ou de considérer les limites où un paramètre devient soit très grand soit très petit.
- Le jury conseille aux candidats de prendre rapidement connaissance de l'intégralité de l'énoncé avant d'attaquer la rédaction. Le candidat y trouvera des points d'entrée permettant de reprendre plus loin des résultats intermédiaires, ou encore des indices permettant de répondre à d'autres questions.
- L'énoncé indique aussi quelles parties sont indépendantes et peuvent donc être abordées dans un ordre différent de celui choisi par les auteurs. Cela ne pose pas de problème, mais il faut éviter autant que possible les multiples va-et-vient d'une partie à l'autre.
- Le jury a remarqué qu'un certain nombre de candidats a cru trouver une erreur d'énoncé. Même s'il est bien entendu possible que l'énoncé soit incorrect, cela demeure tout de même hautement improbable car il est testé à de multiples reprises par différentes personnes.
- On attend du candidat qu'il soit honnête et intègre dans ses réponses. On remarque trop de changements de signe "magique", de trucages de coefficients numériques, etc. en particulier dans les questions du type 'Démontrer que ...'.
- Les candidats doivent soigner les schémas.