

Physique 2

Présentation du sujet

« Films de savon, mousses et sons » : ainsi s'intitule le sujet, contextualisant parfaitement les différentes études auxquelles il conduit. L'introduction prend soin d'expliquer l'intérêt de se pencher sur ces problématiques, citant aussi bien l'utilité dans le domaine biologique que dans le domaine industriel, avec les lessives et le pétrole par exemple. Les applications sont également nombreuses dans le domaine culinaire comme dans celui de l'isolation. Il s'agit également d'un sujet qui inspire bon nombre de TIPE : les candidats auront certainement apprécié de travailler sur ce genre de problématique !

Ce sujet permet d'exploiter un grand nombre des savoirs et savoir-faire acquis au cours des années de classes préparatoires. Il fait en effet appel tour à tour aux connaissances en physique ondulatoire dans le domaine acoustique, puis en optique grâce au phénomène d'interférences, avant d'aborder la mécanique des fluides et enfin l'électrostatique.

Analyse globale des résultats

Globalement, les candidats ont du mal à faire bon usage des informations fournies dans l'introduction, alors que le lecteur attentif avait moyen d'utiliser ces informations pour corroborer certains résultats obtenus en cours de résolution.

De même, si le sujet fait tout à la fois appel à des calculs classiques établis en cours et à des notions abordées au travers de la partie expérimentale de l'enseignement, en particulier concernant la notion de tension superficielle et d'interférences, nous constatons que la restitution des connaissances acquises sous cette dernière forme sont plus difficilement mobilisables par les candidats.

Afin que chaque candidat puisse avancer au mieux dans le sujet, des résultats intermédiaires sont fournis. Quelle déception alors pour le correcteur de mesurer ce qu'il en est fait ! Combien de résultats apparaissant justes à partir de points de départ faux ! Combien de résultats faux sans s'interroger sur la différence trouvée par rapport à l'expression proposée ! Cette attitude, malheureusement rencontrée chaque année, ne se corrige pas, bien au contraire... Les candidats qui aboutissent « par magie » à la bonne réponse ne devraient pas s'étonner de la faiblesse de leur note.

Le sujet donne un nombre de chiffres significatifs en cohérence avec l'exactitude requise. Le jury n'a pas validé les résultats sans aucune commune mesure avec les précisions des données. Beaucoup de candidats ont ainsi perdu des points ; ils devraient s'interroger sur le sens du mot « significatif » !

Si bien des copies sont d'une présentation irréprochable, d'autres s'apparentent davantage à des brouillons. Certaines semblent même volontairement illisibles dans l'espoir que le correcteur choisisse lui-même la bonne solution ! Nous nous permettons de souligner que cette attitude n'est pas appropriée pour réussir un concours... ces candidats, fort heureusement non majoritaires, s'auto-sanctionnent.

En conséquence de ces différents constats, nous pouvons dire que l'épreuve a bien été classante et a favorisé les étudiants rigoureux et réguliers, qui ont su tirer le meilleur parti de tous les enseignements dispensés, qu'ils soient théoriques ou expérimentaux, de première ou de deuxième année, leur permettant alors d'obtenir de très bonnes notes.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

En préambule, et parce que cela a choqué bien des correcteurs, nous aimerions que chaque candidat se pose la question suivante : quels effets se produisent chez lui lorsqu'il découvre subitement qu'autrui lui ment ? Qu'il se dise bien que les mêmes effets se manifestent lorsqu'un correcteur découvre qu'un candidat masque la vérité. Nous en reparlerons au fil des questions.

I Acoustique des mousses

Alors que pour l'immense majorité des candidats, la première question n'est qu'une formalité, la question **Q2** pose davantage de problèmes alors qu'il suffisait d'utiliser le caractère isentropique de l'évolution de l'air, explicitement assimilé à un gaz parfait, via la loi de Laplace différenciée. Les candidats qui ont appliqué le logarithme népérien à la loi de Laplace avant de la différencier aboutissent à une démonstration plus rapide et claire.

Les questions **Q3** et **Q4** ont été clairement révélatrices de l'attention portée par le candidat à la précision de ses résultats, qui se doit d'être en rapport avec la précision des données. Or, pour ces deux questions, la précision des données n'est pas la même : celle des résultats ne doit pas l'être non plus ! Que de points perdus à cette occasion ! Notons également que tout résultat doit s'accompagner de son unité, sinon il ne peut donner lieu à une quelconque rétribution de points !

Si aucune démonstration n'est demandée à la question **Q5**, nous avons pu relever au fil des copies un nombre important d'erreurs simplement dues à une mauvaise mémorisation. Dans ce contexte, le jury a apprécié la démarche du candidat qui, soucieux de ne pas se tromper, prenait le temps de retrouver avec exactitude l'expression de l'impédance acoustique. Il était alors important d'être vigilant sur les signes, afin d'aboutir à des résultats opposés pour les coefficients de réflexion en surpression et en vitesse à la question **Q6**, en partant évidemment de l'absence de surpression à l'extrémité du tuyau. Il est difficilement compréhensible que de nombreuses copies s'égarent en déphasages farfelus et autres « continuité de vitesse ».

Bien que les calculs des questions **Q7** et **Q8** aient été majoritairement faux, nous avons toutefois tenu compte de la cohérence des raisonnements. En revanche, il nous est apparu inacceptable d'affirmer avoir au même endroit un nœud de vitesse et de surpression. Certains correcteurs ont eu la surprise de découvrir qu'une onde réfléchie devenait une onde « répressive ».

Si les réponses aux questions **Q9** à **Q11** ont été majoritairement justes, elles ont parfois davantage été le fruit de « recettes » que de raisonnements bien établis. Notons que lorsqu'un graphe est proposé, il nous semble important d'y associer des axes.

Q12 et **Q13**. Alors que l'estimation de c_m est souvent juste, l'approximation des milieux continus fait fréquemment référence à des réponses fausses — mentionnant une comparaison à L et non à la longueur d'onde — quand elle n'est pas éludée. Très rares sont les candidats ayant établi un rapport entre cette vitesse particulièrement faible et l'introduction du sujet. Des confusions ont été constatées entre milieu homogène et milieu continu.

Q14 à **Q18**. Dans cette sous-partie, la masse volumique et la compressibilité isentropique de la mousse sont plus souvent devinées qu'établies. Les candidats se montrant rigoureux s'en trouvent naturellement récompensés, parvenant alors sans faille à retrouver la vitesse de propagation du son dans la mousse.

II Formation et drainage d'un film de savon plan

Q19 et **Q20**. Un argument énergétique ou surfacique était attendu : une lecture attentive de l'énoncé y conduisait naturellement. Il fallait ensuite être vigilant sur le fait qu'une bulle de savon dans l'air présente deux interfaces, mais aucun calcul n'était attendu.

Q21 à Q24. Ces questions, sans difficulté particulière, ont souvent trouvé de bonnes réponses. Certains candidats ont su profiter de la question **Q21** pour établir rapidement l'expression demandée à la **Q22**, alors que d'autres y ont passé beaucoup de temps.

Q25 à Q27. Ici encore, une bonne lecture de l'énoncé permettait rapidement de comprendre que la grandeur introduite était adimensionnée. Certains candidats ont effectué des analogies et des interprétations intéressantes. Notons là encore l'importance de fournir une application numérique en accord avec la question. Ici, il s'agissait de donner un ordre de grandeur : l'inflation de chiffres significatifs était dès lors pénalisante !

Q28 à Q31. Alors que ces questions sont annoncées comme des questions ouvertes, le sujet prend soin de bien baliser le terrain, afin d'accompagner au mieux le candidat. Cependant, bon nombre d'entre eux s'est trouvé dérouter et c'est certainement l'une des parties les moins bien maîtrisées. Insistons sur l'importance de bien aborder ces questions : faire un schéma afin de mieux appréhender la situation nous semble indispensable, représenter les rayons qui interfèrent est évidemment essentiel et aurait évité à certains de partir sur des notions de réfraction, en oubliant que le sujet précise bien que l'incidence est normale. Il nous semble que les documents fournis devaient permettre de mettre sur la voie des teintes de Newton. Enfin, comme en début d'énoncé, nous avons eu à cœur de valoriser les candidats cohérents dans leurs explications, ne confondant pas diffraction, interférences avec des analogies étranges, réfraction, etc.

Q32 à Q35. Il est étonnant que l'argument d'incompressibilité ait été souvent oublié. Si la modélisation par un écoulement entre deux murs rigides et fixes peut surprendre, le calcul de cet écoulement de Poiseuille très classique pose de réelles difficultés, par exemple en termes de conditions aux limites. Quant au calcul du débit volumique, il a souvent été révélateur de l'état d'esprit du candidat. Trop nombreux ont été ceux qui, partis d'une expression de la vitesse fautive, ou de bornes d'intégration inappropriées, sont tombés sur un résultat miraculeusement juste parce que donné ! Quelle déception pour le correcteur de percevoir ce manque de loyauté.

Q36 à Q42. Cette partie, qui débute par un bilan de matière, a bien souvent révélé un manque de rigueur : les candidats, rompus à cette démarche de bilan, parviennent régulièrement au bon résultat, mais au terme d'un raisonnement parfois incompréhensible !

Les calculs suivants, finalement très classiques et bien guidés, n'ont pas posé de difficultés à ceux ayant traité avec soin l'écoulement. Toutefois, la forme de la lame laisse trop souvent le correcteur perplexe, lorsqu'elle est proposée.

III Film noir

Q43. Cette question, sans doute l'une des plus difficiles du sujet, nécessite un effort de calcul qui est apparu de toute évidence très abrupt à l'immense majorité des candidats. Nous avons pu constater que l'intégrale était très régulièrement mal posée, certains se contentant d'écrire que l'intégrale de $1/r^6$ est $1/r^7$! Constat qui, tout comme la trigonométrie de la première partie, révèle les insuffisances mathématiques de nombreux candidats. Évidemment, la difficulté de cette question est ailleurs et se porte sur le choix d'un système de coordonnées adaptées à la situation expérimentale (symétrie de révolution) et l'écriture correcte des bornes de l'intégrale. Nous avons dès lors apprécié les efforts de clarté de certains, même s'ils se limitaient à proposer proprement une intégrale correcte.

Q44 à Q52. Cette sous-partie a bien souvent permis aux candidats plus modestes de se refaire une santé. Il était cependant nécessaire d'être vigilant quant aux précisions apportées par l'énoncé sur la présence ou non de la permittivité relative de l'eau dans les expressions, et de rester cohérent avec le nombre de chiffres significatifs au cours des applications numériques. Notons que bon nombre de candidats ont omis, dans leurs calculs, le nombre d'Avogadro, aboutissant alors à des résultats numériques nécessairement faux. Bravo à ceux qui ont su le reconnaître !

En revanche, si l'identification et l'évaluation de la longueur d'onde de Debye sont assez aisées pour le candidat méthodique, son interprétation est très rarement proposée.

Q53 à Q55. De très rares candidats ont su proposer une répulsion à très courte distance et justifier la possibilité d'un deuxième minimum d'énergie permettant de rendre compte du « film noir de Newton ».

Conclusion

Au terme de ce bilan, nous avons conscience d'avoir prioritairement mis en avant les écueils à éviter. Toutefois, il nous semble absolument fondamental de souligner combien nous avons été admiratifs devant bon nombre de copies, de très belle facture, tant sur le fond que sur la forme. Que tous ces candidats, soucieux de donner le meilleur d'eux-mêmes, soient remerciés pour les compositions qu'ils ont su nous proposer. À leur lecture, nous sommes assurés qu'avec la formation dont ils bénéficieront au sein des écoles d'ingénieur, ils sauront relever les défis de XXI^e siècle.

À tous ceux pour lesquels la marche paraît trop haute nous voulons rappeler le cap donné par Léonard de Vinci lui-même : « tout obstacle renforce la détermination. Celui qui s'est fixé un but n'en change pas ». Afin que cette détermination, caractéristique du scientifique, puisse porter tous ses fruits, nous nous permettons quelques conseils.

Les candidats sont invités à se placer dans le contexte du problème, tel qu'il est présenté en introduction, lorsqu'ils répondent aux questions du sujet. Cela leur permettrait de découvrir plus facilement une cohérence dans le déroulement de l'épreuve, qui s'apparente plus souvent pour eux à une succession de questions qu'à un ensemble construit pour former un bel édifice.

Un sujet tel que celui-ci illustre la pertinence de la métaphore qui consiste à considérer le parcours du candidat davantage comme une course de fond que comme un sprint. L'entraînement qu'il aura suivi au cours de sa préparation lui permettra de vérifier ce vieil adage donné par tous les entraîneurs : « plus vous souffrez à l'entraînement, moins vous souffrirez en compétition ». Nous saluons à cette occasion le travail remarquable de tous les enseignants en CPGE qui, au cours de ces deux années, soutiennent les étudiants afin qu'ils donnent le meilleur d'eux-mêmes en étant attentifs à ce que la souffrance occasionnée ne soit jamais excessive.

Un scientifique doit toujours commencer par s'assurer d'avoir bien compris la question qui lui est posée : une lecture rigoureuse du sujet permet au candidat de ne pas se fourvoyer.

Un scientifique, qu'il soit ingénieur ou chercheur, devra être en mesure de se faire comprendre par ses pairs et par les personnes dont il aura la responsabilité. Pour cela, il doit évidemment comprendre au préalable le problème qui lui est posé, ébaucher la solution, mais ensuite avoir à cœur de transmettre le fruit de son travail. Il doit ainsi utiliser les moyens qui lui sont donnés. Sur une copie, il doit penser à argumenter sa démarche, faire ressortir les étapes importantes et les résultats, garder un œil critique... Bien souvent, un schéma simple, éventuellement avec des couleurs, sera une plus-value.

Nous tenons donc à encourager tous les futurs candidats à s'inspirer des divers conseils afin de devenir les ingénieurs qui sauront relever les défis qui les attendent, tout en continuant à s'émerveiller devant la beauté des bulles de savon et autres phénomènes physiques enthousiasmants !