

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet posait le problème de l'adaptation de l'impédance et illustrait de façon simplifiée le fonctionnement d'un silencieux automobile. Il était exclusivement consacré aux ondes acoustiques et se décomposait en trois parties corrélées entre elles :

- étude générale d'une onde acoustique dans un fluide parfait,
- réflexion et transmission de l'onde en incidence normale,
- mise en œuvre du silencieux d'échappement.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

L'épreuve reprenait de façon progressive l'intégralité du cours relatif aux ondes sonores dans les fluides pour aboutir au principe simplifié de fonctionnement d'un silencieux automobile, système conçu pour limiter le bruit produit par les gaz d'échappement d'un véhicule à moteur.

Les réponses à un nombre significatif de questions étaient implicitement contenues dans les paragraphes introductifs ou les textes explicatifs. Une lecture attentive et analytique du sujet était nécessaire et attendue.

L'épreuve, de difficulté graduée, évaluait la bonne assimilation du cours et la compréhension physique des phénomènes étudiés. Le principe du silencieux en fin d'épreuve permettait d'évaluer l'ingéniosité du candidat, son niveau d'acuité de raisonnement face à une problématique originale, son sens pratique voire critique quant à la technique utilisée. De longueur raisonnable elle a permis à chaque candidat de s'exprimer largement dans la mesure de ses aptitudes.

Le niveau de difficulté très variable des questions et le caractère indépendant de certains paragraphes a ouvert pour bon nombre de candidats une « chasse aux points » alors qu'ils n'ont ni appréhendé, ni compris la progression du sujet et les arguments apportés question après question pour comprendre l'influence de l'adaptation de l'impédance, le mode de fonctionnement du silencieux et le choix de son principe. Tous les correcteurs sont unanimes à dire qu'il serait plus profitable pour les candidats, en termes de points accumulés, de rédiger certaines parties dans leur globalité plutôt que de papillonner d'une question à une autre. En ce sens, des points supplémentaires ont été accordés comme autant de bonus pour les candidats qui ont fait l'effort d'accomplir une telle démarche.

Le sujet se voulait sélectif et classant, il débutait par des questions de cours classiques relatives à la propagation d'une onde acoustique dans un fluide parfait, pour ensuite dépasser la simple restitution des connaissances et évaluer l'imagination des candidats. C'est en ce sens qu'a été introduite dans le sujet une conduite de section variable où la continuité de la vitesse donnait des résultats aberrants. Il était alors intéressant d'évaluer la faculté d'adaptation, l'esprit critique des candidats.

Néanmoins, et afin de ne pas pénaliser les élèves qui appliquent les consignes du cours et dans la mesure où ce cas de figure n'était pas forcément une situation nouvelle pour certains

d'entre eux, les points ont été accordés pour l'écriture de la continuité de la vitesse et les conséquences qui ont pu suivre.

Le sujet se terminait sur une technologie d'actualité : le silencieux automobile. Elle constituait la partie calculatoire et sans doute difficile du problème, performance à évaluer en fin d'épreuve pour les meilleurs candidats seulement. Notons que la physique ne peut pas s'affranchir d'une technicité calculatoire minimale, chacun doit progresser sur ce plan.

L'épreuve se déroulant sans calculatrice, le jury a été très indulgent quant à la précision des valeurs numériques obtenues.

Dans l'élaboration du barème, le jury s'est attaché à valoriser :

- les raisonnements effectués avec rigueur et cohérence ;
- les réponses claires, soigneusement justifiées et rédigées ;
- la compréhension qualitative des phénomènes physiques mis en jeu ;
- l'analyse critique des résultats quantitatifs.

Il a en revanche sanctionné :

- l'utilisation indistincte de formules non justifiées ;
- les questions de cours non assimilées ;
- les résultats inhomogènes ou faux ;
- les réponses données sans justification ni commentaires ;
- les applications numériques délivrées sans unité ou avec un nombre abusif de chiffres significatifs ;
- l'écriture illisible et l'absence de rédaction.

ANALYSE PAR PARTIE

1^{ère} Partie : Onde acoustique dans un fluide parfait

Cette première partie placée en début d'épreuve et calquée sur le cours été la plus traitée par les candidats et la mieux réussie. Elle reprenait de façon méthodique la progression du programme relatif aux ondes sonores.

La notion d'accroissement « relatif » du volume échappe à la connaissance de beaucoup de candidats et lorsqu'un infiniment petit est observé, il faut préciser « par rapport à quel terme ».

Les ordres de grandeur (ici de célérités du son), données importantes des sciences, sont mal connus des candidats et reflètent leur manque de sens physique, voir de bon sens plus simplement. Si l'on peut comprendre un manque de recul à ce stade de leur apprentissage, il est néanmoins impardonnable de laisser en l'état un résultat aberrant, non pertinent au regard du phénomène étudié. Les candidats sombrent trop souvent dans les calculs sans analyse, ni préalable pour introduire le phénomène, ni a posteriori pour en dégager la réalité physique.

Le sujet présentait deux définitions pour l'impédance, les appellants différemment pour éviter toute confusion : l'impédance caractéristique liée au fluide et l'impédance acoustique associée à la conduite. Cette dernière permettait, par l'analogie électrocinétique, d'éviter les écueils du problème. Beaucoup ont bien perçu cet avantage.

Peu d'erreurs dans la partie liée à l'intensité sonore si ce n'est une grande difficulté pour beaucoup à effectuer les calculs en décibel.

De graves lacunes de rédaction sont à noter et une difficulté importante de bon nombre de candidats à analyser un tableau de mesures et à commenter ses valeurs numériques de façon claire et concise.

2^{ème} Partie : Réflexion et transmission en incidence normale

Cette partie se décalait du programme. La question introductory relative à la puissance transportée n'était pas anodine, elle permettait, juste avant le paragraphe lié aux conditions de passage, d'envisager sa continuité à l'interface des deux fluides. Les candidats ayant écrit la continuité de la vitesse ont néanmoins pris tous les points relatifs à cette question.

L'adaptation de l'impédance est bien connue et, dans l'ensemble, fut appréhendée de façon satisfaisante par une grande partie des candidats.

Le pavillon exponentiel est un problème connu, c'est son caractère adaptateur de l'impédance qui était envisagé ici. L'équation d'onde était donnée et permettait aux candidats qui ne l'ont pas justifiée de poursuivre la résolution du problème. Notons que certains ont usé d'une réelle malhonnêteté intellectuelle pour la retrouver coûte que coûte.

La suite du problème était peu calculatoire. Si le caractère passe-haut du filtre a été observé, sa justification a souvent été maladroite. Les candidats maîtrisent assez mal la terminologie de la physique et reconnaissent difficilement les termes d'amortissement, de propagation comme ils confondent dispersion et absorption.

Cette partie de l'épreuve a été rarement aboutie et peu commentée, laissant l'impression au jury d'un insuffisant traitement formel de la part des candidats.

3^{ème} Partie : Modèle simplifié d'un silencieux d'échappement

Cette partie, sans doute la plus difficile, a été traitée de façon anarchique. Si les équations de départ relatives aux continuités ont souvent été correctement écrites, le coefficient complexe de transmission global n'en fut que peu déduit. Notons que les erreurs de calculs peuvent être facilement évitées tout au long de la démonstration ou à la conclusion par des vérifications élémentaires d'homogénéité.

Les courbes observées ont été très approximatives, tracées rapidement et sans précision. Cette partie du problème a été rarement conclue.

ANALYSE DES RESULTATS

Le barème a été bien adapté à la diversité et au grand nombre des questions en favorisant les parties proches du cours. Celui-ci fut évalué de façon objective, les calculatrices étant interdites lors de cette épreuve. Le jury a largement pris en compte et à l'avantage des candidats les dépassements du programme pour cette épreuve.

Le bilan final est décevant, il montre une nouvelle fois la méconnaissance la plus élémentaire du cours pour bon nombre de candidats.

Le niveau général des connaissances a été jugé insuffisant par les correcteurs. Les réponses fournies sont souvent très approximatives, non justifiées, voire hasardeuses, dénotant des connaissances très superficielles. Les ordres de grandeurs sont trop méconnus des candidats et les pires énorfités peuvent être ainsi écrites en matière de physique.

La rédaction est devenue quasi absente et cette situation s'aggrave au fil des ans. Une nouvelle stratégie s'est installée, elle consiste à ne plus rédiger mais plutôt à compiler les résultats littéraux et éventuellement numériques sans analyses ni commentaires succincts. La réponse par « oui » ou par « non » à la question posée est maintenant courante mais elle reste inacceptable, un résultat donné sans justification ne pouvant pas être pris en compte.

Les candidats maîtrisent pour certains assez mal le vocabulaire scientifique, il y a trop de confusion entre les termes de la physique (stationnaire, absorption, dispersion, ...).

Traiter un problème de physique, c'est exposer la solution de façon claire et concise. Il reste trop difficile pour beaucoup de candidats de rédiger leurs réponses de façon simple et compréhensible. La rédaction se réduit trop souvent à une succession d'équations sans explication ni articulation. Une définition s'énonce avec une phrase et non avec un mot ou une formule.

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 9,34 sur 20, avec un écart-type de 4,38. Les correcteurs, dans leur globalité, constatent que de nombreux candidats voient leur note finale constituée d'un grappillage de points sans vraiment avoir compris l'enchaînement des questions. Rappelons que des points de bonus sont accordés par les correcteurs aux candidats qui ont été critiques quant à leurs résultats et qui ont conclu une partie entière de l'épreuve sans faute au fil d'une réelle composition.

L'épreuve était accessible et de longueur raisonnable. Toutes les questions, prises séparément, ont été correctement résolues par un certain nombre de candidats.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS :

La préparation du concours est fondée sur un apprentissage régulier et approfondi du cours, cet apprentissage s'effectue par une approche équilibrée entre la théorie et l'expérience : la démarche expérimentale effectuée dans le cadre des travaux pratiques est incontournable et riche d'informations pour la compréhension des phénomènes physiques. Il apparaît inadmissible que les questions proches du cours sur lesquelles s'appuie le raisonnement ne soient pas ou mal traitées par les candidats.

La préparation à la formation d'ingénieurs privilégie une démarche scientifique empreinte de rigueur, elle s'accorde mal de l'apprentissage réducteur d'une collection de formules plus ou moins bien corrélées. L'usage de la calculatrice continuera à être prohibé pour cette épreuve.

Rappelons que tout résultat non justifié ne permet pas l'attribution des points.

La résolution du problème nécessite un minimum de technicité calculatoire que le candidat se doit de maîtriser même si son utilisation reste réduite dans le cadre du concours. Pour autant, le candidat ne doit pas se contenter de répondre mathématiquement aux questions posées, il doit argumenter, rédiger sa réponse de manière précise, dégager le sens physique de ses

résultats et effectuer l'analyse critique du phénomène étudié. Le caractère pertinent des solutions se doit d'être souligné. Le choix des sujets abordés évalue la curiosité, le sens de l'observation, le réalisme du candidat et son adaptabilité face au monde naturel et technique en perpétuelle évolution.

L'ultime recommandation et sans doute la première au jour de l'épreuve est une lecture préalable attentive, sans précipitation, de l'énoncé : les réponses à bon nombre de questions ou les orientations relatives à la bonne marche à suivre pour la résolution du problème sont souvent glissées par le concepteur dans des phrases introductives ou de liaison entre les paragraphes successifs. Le candidat trouvera dans la formulation des questions et bien souvent dans les données numériques les clés de son raisonnement.