

## EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3 heures

### PRESENTATION DU SUJET

Le problème était consacré aux phénomènes de transport diffusif, il comportait quatre volets indépendants illustrant les phénomènes de diffusion à l'état solide et à l'état liquide, ainsi que le transfert de chaleur dans une tige métallique :

- diffusion - loi de Fick ;
- diffusion des molécules d'un colorant entre deux solutions ;
- diffusion dans un fluide visqueux ;
- diffusion thermique dans un fil électrique.

### COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Comme pour les années précédentes, dans l'élaboration du barème, le jury s'est attaché à valoriser :

- les raisonnements effectués avec rigueur et cohérence ;
- les réponses claires et concises, 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 commentaire ;
- les applications numériques délivrées sans unité ;
- l'écriture illisible et l'absence de rédaction.

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

Le sujet se voulait sélectif et classant, il débutait par des questions de cours classiques relatives aux phénomènes de transfert, pour ensuite dépasser la simple restitution des connaissances et évaluer l'imagination des candidats.

En ce sens, le problème, pour chaque partie, était de difficulté graduée. Il évaluait la bonne assimilation du cours et la compréhension physique des phénomènes étudiés puis se prolongeait systématiquement de façon à évaluer l'ingéniosité du candidat, son niveau d'acuité de raisonnement, son sens pratique, voire critique quant à la technique utilisée.

La physique ne pouvant pas s'affranchir d'une technicité calculatoire minimale, cette capacité a été aussi évaluée. La « fonction erreur » donnée au candidat et ses diverses propriétés n'ont posé aucune difficulté d'adaptation aux candidats.

Des questions simples de vocabulaire scientifique et d'histoire des sciences ont été ajoutées de façon à évaluer (modestement) une certaine transversalité des connaissances et la pertinence du vocabulaire utilisé.

De longueur raisonnable, et à plusieurs entrées, le sujet 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 ont 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 corrélations de ses différentes parties. Ceci a été favorisé par les parties purement mathématiques et calculatoires du problème qui ont souvent été abordées avec succès mais qui ne furent pas corrélées à la physique du problème. 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.

## **ANALYSE PAR PARTIE**

### **1<sup>ère</sup> Partie : Diffusion – loi de FICK**

Cette partie était très proche du cours et débutait par une simple question de culture générale relative à la loi physique sur laquelle Fick s'est appuyé pour élaborer sa théorie : la loi de Fourier a été très peu citée. Les réponses furent trop souvent dénuées de bon sens : loi de gravitation, loi des gaz parfaits ... L'histoire des sciences échappe aux candidats, elle est néanmoins souvent essentielle dans la compréhension de la construction d'une théorie.

La loi de Fick, dans son expression mathématique, est bien connue mais la recherche de l'homogénéité de la distribution des particules est peu décrite et le sens du mot « phénoménologique » est méconnu. Les candidats se sont souvent restreints à une simple lecture de la loi.

Malgré des maladresses de raisonnement, le bilan de matière a été convenablement effectué et a massivement abouti à l'expression de l'équation de la diffusion. L'analyse dimensionnelle a été fort bien traitée.

Le cas du coefficient de diffusion variable, qui correspond mieux à la réalité, a été bien appréhendé par beaucoup, mais l'intégration graphique ou numérique ne leur vient pas généralement à l'esprit.

La question suivant s'inspirait de la loi d'Ohm et constituait une extension dans le programme. Elle fut très souvent abordée avec succès.

La suite évaluait la technicité calculatoire des candidats et leur aptitude à lire simplement un graphe. Les calculs mathématiques furent aboutis mais l'analyse physique de la courbe absente. Des calculs élémentaires et les ordres de grandeur leur échappent trop souvent. Il serait nécessaire de revenir parfois à plus de simplicité et de bon sens, c'est sans aucun doute le quotidien de l'ingénieur.

## **2<sup>ème</sup> Partie : Diffusion des molécules d'un colorant entre deux solutions**

Cette partie comportait deux sous parties, la première traitait du phénomène de diffusion des molécules de colorant et la seconde décrivait une technique expérimentale de détermination d'un coefficient de diffusion.

La « fonction erreur » donnée en fin de problème aux candidats a été un excellent support de raisonnement et une source de points pour beaucoup alors que la physique les a dépassés.

La première question a été catastrophique à cause d'erreurs de calcul en pagaille (l'épreuve était sans calculatrice). Les unités furent trop souvent absentes et ne pouvaient donc pas rapporter de point. Néanmoins la presque totalité a bien senti le caractère négligeable du phénomène de pesanteur devant la diffusion.

Pour la suite, la résolution a été correcte et les candidats se sont fort bien appuyés sur le complément mathématique en fin d'épreuve. Notons qu'à chaque fois qu'ils peuvent se réfugier dans le calcul, les candidats réussissent plutôt bien, mais qu'il leur est toujours difficile d'exploiter les résultats en les commentant. Peut-être considèrent-ils que seul le résultat suffit et que la course aux points les dispense des commentaires les plus élémentaires.

La seconde partie a été correctement abordée. Quelques erreurs de dérivation et peu de réflexion avant d'effectuer des calculs d'extremum. Les tracés de courbes furent réussis bien qu'approximatifs et la loi de Descartes simplifiée de façon outrancière. Mais la valeur de  $H$  a très souvent été juste.

En conclusion de cette partie, peu de commentaires ont été apportés sur l'expérimentation adoptée et la précision des mesures. Rappelons que le sens physique et l'aspect « travaux pratiques » de l'enseignement sont évalués aussi à l'écrit.

## **3<sup>ème</sup> Partie : Diffusion dans un liquide visqueux**

L'introduction a été laborieuse et a souvent mis en avant une malhonnêteté de raisonnement. Les étudiants connaissent le résultat, ils font en sorte d'aboutir coûte que coûte à une force volumique de viscosité précédée d'un « donc » abusif.

L'équation de diffusion n'a pas toujours été reconnue, on l'a vu tout autant que l'équation de propagation. La diffusion de quantité de mouvement n'a été que très rarement évoquée.

La longueur caractéristique de diffusion est bien connue et le nombre de Reynolds bien introduit.

La suite, mathématique, a beaucoup inspiré les candidats mais les tracés furent fantaisistes. Toujours cette difficulté de corrélation des mathématiques avec la physique.

## **4<sup>ème</sup> Partie : Diffusion thermique dans un fil électrique**

La loi de Fourier est connue. Le flux thermique fut présenté en majorité sous forme intégrale alors que la question précisait bien « à travers une section droite ». Le bilan énergétique a été fort bien traité mais la loi  $T(x)$  non tracée ou mal tracée en l'absence de domaine de définition.

La puissance thermique a été bien écrite, ainsi que la loi d'Ohm en dehors du fait que beaucoup ont ignoré que les grandeurs étaient proportionnelles à  $dx$ . Ce fut la fin de l'épreuve pour beaucoup car les expressions de la résistance et de la puissance thermique volumique étaient en conséquence fausses.

La suite a permis de classer les très bons candidats : l'analyse des deux effets (conduction et effet Joule) n'a été que peu abordée.

## **ANALYSE DES RESULTATS**

Malgré un barème adapté, à la diversité et au grand nombre de questions proches du cours, les résultats constatés sont loin d'être satisfaisants, d'autant que la longueur de l'énoncé avait notablement diminué par rapport aux années précédentes. Le niveau général des connaissances a été jugé insuffisant par les correcteurs. Les réponses fournies sont souvent très approximatives, non ou mal justifiées, dénotant des connaissances trop superficielles. La simple lecture de graphes, a fortiori leur utilisation, pose des difficultés à bon nombre de candidats.

Il est à noter que la rédaction se dégrade, que trop souvent les copies se réduisent à un enchaînement de calculs sans commentaire laissant au lecteur le soin de conclure. Les explications et commentaires (rares) sont trop souvent confus parce que trop longs. Il faut apprendre à répondre de façon concise et précise, il faut absolument rédiger.

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 9,36 sur 20, avec un écart-type de 4,25. 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.

## **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'accommode mal de l'apprentissage réducteur d'une collection de formules plus ou moins bien corrélées. L'usage de la calculatrice sera à l'avenir 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.