

## **EPREUVE DE PHYSIQUE**

Durée : 3 heures

### **PRESENTATION DU SUJET**

Le problème était consacré aux capteurs de proximité, il comportait deux volets indépendants : les capteurs capacitifs et les capteurs inductifs.

### **COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE**

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. La mise en œuvre de la démarche scientifique débutait par des questions de cours classiques relatives aux lois de l'électromagnétisme, pour ensuite dépasser la simple restitution des connaissances et évaluer le sens pratique ainsi que la créativité des candidats.

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 construction des modèles adoptés passaient par une faible technicité calculatoire, l'accent étant mis sur l'interprétation et la discussion des résultats. Les raisonnements pouvaient être fortement simplifiés par des approximations et le savoir-faire du candidat.

Le sujet a pris en compte l'importance fondamentale de la composante expérimentale dans la formation des futurs ingénieurs. Il évaluait leur capacité de mobilisation des connaissances et des savoir-faire pour la mise en œuvre des capteurs, leur modélisation, l'estimation de leurs sensibilités et la qualité des mesures obtenues. Une réflexion ouverte sur les avantages et inconvénients inhérents à l'utilisation de ces capteurs était imposée en conclusion de chaque partie.

La définition de la réluctance a été donnée. Cette partie de l'épreuve a été traitée avec succès par bon nombre de candidats, elle évaluait leur intuition, leur initiative, leur autonomie et leur capacité à extraire l'information pour une orientation de raisonnement suggérée dans l'énoncé.

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. Les candidats ne doivent pas s'arrêter aux calculs mathématiques mais doivent systématiquement les intégrer dans une démarche scientifique, les conclure par une analyse physique, les orienter vers le but pratique recherché dans la construction du dispositif, ici de détection. 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 butiner 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 : Capteur de proximité capacitif**

#### *A/ Etude du condensateur de mesure.*

Cette partie très proche du cours débutait par une simple question relative au théorème de GAUSS. Il qui fut souvent mal énoncé par incompréhension de sa formulation mathématique. Les invariances et symétries des distributions de charges furent mal explicitées ou tout simplement escamotées. Rappelons qu'un schéma illustratif peut aider au développement de la réponse.

La mise en œuvre du théorème a été très approximative et, globalement, le condensateur cylindrique a été mieux traité que le condensateur plan. Sans doute parce que l'expression de sa capacité était donnée dans l'énoncé et orientait le raisonnement.

Pour s'affranchir de la capacité parasite, les réponses furent bien souvent mathématiques alors que la question suscitait une réponse d'ordre pratique, voire technique.

La suite de cette partie dépendait de l'exactitude des premiers résultats. Ceux qui l'ont abordée correctement ont su la conclure et obtenir les points de bonus.

#### *B/ Conditionnement du capteur.*

L'expression de la fonction de transfert du filtre de Wien a été aboutie par beaucoup, mais sa mise en forme a été très diverse alors que la nature du filtre aurait pu être immédiatement déterminée en l'écrivant sous sa forme canonique.

Le passage de la fonction de transfert à l'équation différentielle a été difficile. Beaucoup méconnaissent le passage du domaine fréquentiel au domaine temporel de même que le critère

de stabilité de l'équation. Que d'erreurs auraient été évitées par conscience des inhomogénéités flagrantes présentes dans les expressions obtenues !

Cette partie, a priori bien connue des candidats, nécessitait une technicité calculatoire simple. Trop nombreux furent ceux qui s'y égarèrent et peu d'applications numériques furent abouties.

#### *C/ Conditionnement du signal.*

Le montage déphaseur et le filtre passe bas ont été bien résolus. Par contre le multiplieur correspondant au bloc B a été peu cité même si les calculs furent justes.

La partie C4. a eu peu de succès, sans doute à cause du calcul trigonométrique. Pourtant la transformation de  $\cos^2$  était proposée par l'énoncé et orientait de façon remarquable le raisonnement. Beaucoup ont renoncé.

Peu de propositions correctes pour la définition de la sensibilité du capteur. C'était une simple question de bon sens sur le thème de la mesure physique.

Cette partie se concluait sur une analyse des défauts et inconvénients du capteur. Lorsqu'elle fut abordée cette question ouverte, sans calculs ni équations, fut réussie.

### **2<sup>ème</sup> Partie : Capteur de proximité a réluctance variable**

#### *D/ Etude du capteur inductif.*

Le théorème d'AMPERE a été mieux énoncé que le théorème de GAUSS mais il y eut une grande confusion entre B et H. Cette confusion s'est répercutée tout au long de cette partie.

Il y eut souvent omission récurrente du nombre N de spires enlacées.

Nombreux sont ceux qui méconnaissent la conservation du flux magnétique et une grande majorité l'écrit comme la somme des trois contributions.

Peu ont observé que les matériaux ferromagnétiques possèdent la propriété de devenir magnétiques, c'est-à-dire de s'aimanter, lorsqu'ils sont placés dans un champ magnétique et de conserver cette aimantation quand le champ est supprimé. C'est une partie du cours peu connue des candidats.

La suite de cette partie était dépendante des premiers résultats, elle a permis à un bon nombre de candidats d'obtenir des points de bonus.

Rares sont les analogies observées entre réluctance et résistance dans la dernière question qui se voulait intuitive et de pur sens physique.

#### *E/ Conditionnement du capteur.*

Les expressions des impédances complexes ont été bien écrites par chacun ainsi que la condition d'équilibre du pont.

La suite, plus difficile, a été inégalement abordée et quelques candidats seulement sont allés jusqu'au résultat final pour aboutir à l'erreur relative. La prise en compte de l'approximation simplifiait pourtant fortement les calculs.

*F/ Conditionnement du signal.*

Cette partie a souffert de sa position en fin d'épreuve et la presque totalité des candidats s'est arrêtée à l'AO inverseur.

## **ANALYSE DES RESULTATS**

Malgré un barème adapté à la diversité et au grand nombre de questions proches du cours, les résultats constatés ne sont pas satisfaisants. 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 rédaction est fréquemment absente, beaucoup de copies se réduisent à un enchaînement de calculs sans commentaire laissant au lecteur le soin de conclure. Les explications sont souvent confuses parce que trop longues. Il faut apprendre à répondre de façon concise et précise, il faut absolument rédiger. Cette épreuve est aussi une épreuve de communication.

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 8,89 sur 20, avec un écart-type de 4,60. 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'absence de calculatrices a contribué aux difficultés de résolution du problème, mais il est remarquable de constater que certains candidats sont allés jusqu'au bout de l'épreuve avec succès.

## **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. L'étudiant doit à tout instant estimer la qualité des mesures effectuées et des résultats obtenus.

La préparation à la formation d'ingénieurs privilégie une démarche scientifique empreinte de rigueur et s'accommode mal de l'apprentissage réducteur d'une collection de formules plus ou moins bien corrélées.

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 suggérées par le concepteur dans des phrases introductives ou de liaison entre les paragraphes successifs. Le candidat doit savoir en extraire l'information utile.