

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème composé de trois parties largement indépendantes était consacré à la transmission et la propagation de signaux par ligne bifilaire.

- La première partie concernait une étude de quelques aspects relatifs à l'électrostatique et la magnétostatique.
- La deuxième partie introduisait les phénomènes variables à partir des équations de Maxwell puis un schéma équivalent discret de la ligne, pour terminer par une application de la notion d'impédance caractéristique (décharge d'un condensateur à travers une bobine dans la ligne).
- La dernière partie était consacrée à la propagation de signaux, sinusoïdaux dans un premier temps, puis impulsionnels dans un deuxième temps.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Comme pour les précédentes éditions, l'usage de la calculatrice était interdit. Les candidats se retrouvaient seuls et sans filet face à leurs connaissances. Les rares applications numériques demandées pouvaient se faire sans difficulté et lorsque l'ordre de grandeur était juste, les correcteurs admettaient le résultat. Beaucoup de candidats ont fait les plus simples correctement, alors que d'autres oublièrent des carrés dans les expressions par exemple.

Les questions étaient équilibrées entre raisonnements qualitatifs et résultats quantitatifs. Certains candidats ont soigné leurs réponses qualitatives, par une rédaction appropriée, sobre et concise et se sont vus attribués des points délaissés par d'autres, privilégiant les aspects plus calculatoires (mais pas forcément plus valorisés dans le barème). Les interprétations physiques sont essentielles et pouvoir discuter ou interpréter un résultat est une compétence attendue et valorisée.

Le niveau des copies va de zéro (rien n'est juste, même pas les relations de base) à une note maximale s'approchant de la moitié des points offerts au barème. Il faut noter que le sujet était suffisamment long et diversifié pour permettre à tous les candidats normalement préparés de travailler pendant toute la durée de l'épreuve.

Les questions avaient été formulées pour discriminer les candidats ayant compris quelque chose de ceux qui se contentent d'apprendre par cœur des résultats et des formules, sorties de leur contexte. En particulier les correcteurs ont vu des éléments de réponse complètement hors sujet, ce qui pose la question de la compréhension du texte de l'énoncé.

ANALYSE PAR PARTIE

1^{ère} Partie : Equilibre électrostatique et régime stationnaire

Les équations de Maxwell étaient demandées dans le vide. Trop de candidats les écrivent dans le cas général où règne une densité de charge et une densité de courant. Il était précisé que le fil était de conductivité infinie : pour beaucoup et dans ce contexte, il n'est pas clair que la

densité volumique de charge est nulle (cette même question était abordée dans les épreuves des deux années antérieures). Il s'en suit que le calcul du champ électrostatique est faux dans le conducteur (alors qu'une grande majorité connaît les relations de passage d'un milieu à un autre et en particulier pour un métal parfait). Il y a eu également une mauvaise interprétation de la charge linéique du fil, et une volonté de certains de lier coûte que coûte la charge linéique avec la charge volumique : c'est là où la compréhension du texte permet de différencier les candidats ayant des idées claires de ceux voulant reprendre un résultat d'exercice vu auparavant mais avec des hypothèses différentes de celles de l'énoncé. Il fallait ensuite préciser une surface de Gauss, et pour beaucoup cette surface n'est pas fermée, ni même orientée (dans le pire des cas il s'agit même d'un contour...). Trop peu de candidats savent utiliser correctement la circulation du champ électrique pour obtenir une différence de potentiel.

Le tracé qualitatif des lignes de champ (avec leur orientation) et des surfaces équipotentielles a été abordé par une minorité de candidats, ceux qui l'ont fait ont pu répondre aux questions suivantes concernant l'équipotentielle plane et les lignes de champ rectilignes.

En ce qui concerne l'étude du champ magnétique produit par un fil, et dans une moindre mesure pour la ligne bifilaire, les résultats étaient bien meilleurs, sans doute parce qu'il s'agit d'exemples incontournables et visiblement bien compris. La question sur le flux propre par unité de longueur de ligne a été le plus souvent écartée.

2^{ème} Partie : Régimes variables

Il était demandé deux relations à partir de l'équation de Maxwell-Ampère d'une part et de Maxwell-Faraday d'autre part. C'est là où les correcteurs voient ceux qui savent mettre des noms en face des relations qu'ils connaissent. Trop de candidats ont donné l'une pour l'autre et réciproquement. Le sujet faisait établir des équations traduisant la loi des mailles et la loi des nœuds, et demandait de traduire ce que signifiaient ces relations. Bien peu de ceux qui trouvèrent les relations justes ont su leur donner un sens. A la question sur l'ARQS les argumentations n'étaient souvent pas les bonnes.

L'étude à partir du schéma équivalent a été bien traitée dans l'ensemble jusqu'à la relation de dispersion, la vitesse de phase, voire la grandeur caractéristique de l'atténuation. Par contre les approximations demandées par la suite n'ont pas été faites correctement. Bien peu de candidats ont démontré l'expression de la résistance caractéristique de la ligne.

La fin de la deuxième partie était intéressante à plus d'un titre, pour son originalité et aussi son aspect simple et concret. Une infime proportion de candidats s'est aventurée au-delà des premières questions. Il s'agissait d'une question difficile, et considérée comme telle dans le barème.

3^{ème} Partie : Propagation de signaux

Cette partie n'était pas très difficile pour les candidats faisant l'effort de s'y intéresser et de se laisser guider. L'interprétation physique du coefficient alpha (de réflexion) a été mal faite par presque tous les candidats (certains se contentent de dire « un coefficient multiplicateur »). Les tracés de signaux, arrivant en fin d'épreuve pour ceux qui ont commencé par le début, ont posé leur lot de difficultés. Pour les autres, les correcteurs ont apprécié de bonnes choses et un sens physique compensant certaines faiblesses analytiques.

ANALYSE DES RESULTATS

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 8,50 sur 20, avec un écart-type de 3,92. Quelques bonnes copies ne font malheureusement pas oublier le niveau insuffisant d'un grand nombre de candidats

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

L'ensemble des correcteurs suggère aux candidats qui préparent ce concours de passer du temps à faire le point sur ce qu'ils savent et savent faire. Il est dangereux de négliger les débuts de chapitre du cours où les phénomènes sont abordés de façon qualitative (comme un tracé de lignes de champ), de même que le côté historique avec les noms des physiciens et leur époque ; cela éviterait de confondre Ampère et Faraday !

Les conseils des années antérieures à propos de la lecture du sujet et plus encore des interprétations faites sont toujours valables ; par exemple il faudrait que conductivité infinie implique automatiquement champ électrostatique nul et potentiel uniforme à l'intérieur d'un conducteur ... Si un candidat lisant ce rapport retient de celui-ci, ne serait-ce que cela, il aura été utile !).