

# Physique

## Présentation du sujet

Le sujet comporte trois parties indépendantes qui étudient la physique de trois processus distincts intervenant dans le fonctionnement d'un casque TopOwl<sup>®</sup>.

Les thèmes abordés sont :

- la mécanique du point (trajectoire d'un électron dans un champ électrique pour l'accélérer puis dans un champ magnétique pour le dévier) ;
- la propagation d'onde électromagnétique polarisée afin d'éteindre ou d'allumer un pixel ;
- la détection de position de bobines par couplage électromagnétique afin de déterminer les inclinaisons de la tête portant le casque.

## Analyse globale des résultats

Les trois parties ont été abordées par les candidats avec des succès divers.

La majorité des problèmes rencontrés par les candidats relèvent des points suivants :

- les applications numériques, trop souvent fausses, sont libellées avec un nombre de chiffres significatifs trop important ;
- les calculs sont menés avec maladresse ;
- les réponses sont rédigées sous forme d'affirmations non argumentées.

## Commentaires sur les réponses apportées

### Partie I

**I.A.1** Cette sous-partie établit la trajectoire d'un électron accéléré par un champ électrique.

La vitesse  $v_0$  pouvait s'obtenir très rapidement à l'aide du théorème de l'énergie cinétique à condition de connaître l'énergie potentielle d'une charge soumise à une force électrique.

Le barème valorisait la qualité de la rédaction et en particulier la définition rigoureuse des grandeurs et le détail précis du bilan d'énergie.

Toutes les valeurs de la vitesse  $v_0$ , supérieures à la vitesse de la lumière sont bien sûr fausses ! Par ailleurs, rappelons que la charge de l'électron est  $q = -e$ .

**I.B** L'électron, préalablement accéléré, est ensuite dévié par un champ magnétique. Le calcul de la déviation doit se faire en traitant séparément la partie de la trajectoire déviée par un champ magnétique, puis la partie rectiligne où l'électron est isolé.

La force de Lorentz  $-e\vec{v} \wedge \vec{B}$ , convenablement projetée, permettait d'obtenir le système d'équations différentielles à résoudre en prêtant attention aux conditions initiales de chaque phase du mouvement. Cet exercice classique de mécanique du point a été assez peu mené à bout avec succès.

## Partie II

**II.A.1** Un grand nombre de protocoles proposés pour la détermination de l'état de polarisation des ondes émergentes du prisme sont inappropriés et n'ont parfois rien à voir avec la problématique.

**II.A.2** Il suffisait ici d'écrire correctement la loi de Descartes appliquée au dioptre de la face de sortie du prisme. Cependant, il était important de faire un schéma afin d'identifier correctement les angles d'incidence et de réfraction. Beaucoup de candidats ont utilisé des angles faux.

**II.B.1.a** Les candidats devaient ici décrire l'action d'un champ électrique extérieur sur un dipôle électrique et justifier la direction du champ électrique agissant sur les dipôles.

**II.B.1.b** Dans cette question, les candidats ont massivement assimilé à tort l'alignement du champ électrique selon  $\vec{n}$  à l'alignement selon l'orientation des molécules et ont attribué au milieu l'indice  $n_{\parallel}$  au lieu de  $n_{\perp}$ .

**II.B.2** Peu de candidats ont constaté que l'hélice tournait dans le sens négatif.

Parmi les tentatives des candidats pour exprimer  $\vec{E}_e(z + dz, t)$ , beaucoup ont abouti à des expressions non homogènes ou n'ont pas pris en compte la différence entre les vecteurs  $\vec{n}(z)$  et  $\vec{n}(z + dz)$  puis  $\vec{n}_{\perp}(z)$  et  $\vec{n}_{\perp}(z + dz)$ .

Le système d'équations fourni en **II.B.2.d** permettait d'établir l'équation du second degré satisfaite par  $\alpha$  qui s'obtenait facilement en éliminant  $a_0$  et  $b_0$ .

À l'issue de cette étude, peu de candidats ont constaté que la rotation du champ électrique permet d'allumer le pixel.

**II.B.3** Le calcul de  $b(z)$  s'appuyait sur la résolution de l'équation du second degré en  $\alpha$  obtenu en **II.B.2.e**.

Le choix de la valeur optimale de  $u$  devait être argumenté en justifiant clairement la valeur de  $T$  à adopter ainsi que l'intérêt de choisir la valeur de  $u$  la plus faible possible.

## Partie III

**III.A** Chaque étape du calcul du champ magnétique créé par la bobine devait être justifié. En particulier l'étude précise des symétries ainsi que la définition des notations dans la loi de Biot et Savart devaient être détaillés.

Toute expression du champ magnétique énoncée sans démonstration n'a pas été prise en compte.

Le résultat du développement limité étant fourni, il était impératif de développer toutes les étapes intermédiaires conduisant à ce résultat.

Le résultat issu du développement devait être comparé au champ dipolaire fourni dans le formulaire et après avoir identifié les paramètres géométriques, il était possible d'imposer des conditions pour que ces deux champs soient identiques. Très peu de candidats ont suivi cette démarche correctement.

**III.B** Les deux spires inductrices étant assimilées au dipôle magnétique équivalent, cette sous-partie étudiait la force électromotrice induite dans des bobines réceptrices.

**III.B.1** L'influence de la propagation ne peut s'analyser qu'en comparant deux ordres de grandeur imposés par le problème. Il était donc nécessaire de proposer un ordre de grandeur pertinent et d'analyser son impact.

**III.B.2** La question *a*) aurait sans doute engendré moins d'erreurs si les candidats avaient pris la peine de faire un schéma.

Le calcul des forces électromotrices d'induction par la loi de Faraday devait s'accompagner de la justification des signes obtenus et explicitant entre autres l'orientation des normales.

La modification des forces électromotrices lors des rotations s'obtenait grâce à la projection des vecteurs sur les normales de chaque bobine. Afin de justifier ces projections et d'éviter les erreurs il était impératif de faire un schéma.

Cette sous-partie a été trop souvent abordée avec un manque de rigueur.

## Conclusions

Conformément aux remarques de détails développées pour chaque question, le jury a constaté une forte corrélation entre la qualité de rédaction tant au niveau de la clarté que de la rigueur et la note attribuée à la copie.

Beaucoup de recommandations développées ci-dessus sont universelles et comme tous les ans le jury fait remarquer aux futurs candidats qu'il était possible d'obtenir une excellente note en faisant correctement et rigoureusement un nombre raisonnable de questions du sujet et qu'il est indispensable de parcourir l'énoncé en entier au début de l'épreuve pour voir quelles sont les parties les plus abordables.

Malgré toutes ces remarques, les correcteurs ont eu plaisir à corriger d'excellentes copies où les candidats ont fait preuve de rigueur, de sens critique en s'appuyant sur des connaissances solides du cours.