

## 2.2.C - PHYSIQUE I - Filière PSI

### I) REMARQUES GÉNÉRALES

Le sujet de physique I PSI était formé de quatre exercices indépendants dont le thème principal était la géométrie torique.

La partie I proposait un modèle de la dynamique du tore dans le jeu du hula hoop. Après un calcul de moment d'inertie ne nécessitant aucun calcul d'intégrale, une étude en mouvement à vitesse angulaire constante permettait de donner une condition de non glissement autour de l'arbre. La prise en compte d'une adhérence à l'arbre permettait de modéliser le freinage du tore.

La partie II, très guidée, conduisait au calcul de la résistance orthoradiale d'un conducteur ohmique formant un tore tronqué de section rectangulaire.

La partie III conduisait à un calcul d'auto et de mutuelle inductance entre un fil rectiligne infini et un bobinage torique qui permettait de modéliser la pince ampèremétrique.

Enfin, la partie IV, très proche du cours de physique de la filière PSI, proposait l'étude d'un dispositif d'acquisition du cycle d'hystérésis d'un transformateur torique.

Le jury a évidemment pris en compte le fait que la mécanique du solide n'était pas explicitement au programme de la filière PSI. Il a constaté que très peu de candidats avaient traité la première partie du sujet. Celle-ci n'a donc pas pénalisé les candidats et a permis aux plus adroits d'entre eux de gagner quelques points assimilables à un bonus. Mentionnons néanmoins de trop nombreuses confusions entre moment d'inertie, moment cinétique et moment de forces, de nombreuses expressions manifestement non homogènes, ce qui conduisait inexorablement à la note 0 à la question.

Dans les parties II et III, deux hypothèses distinctes présidaient aux calculs proposés. L'hypothèse du conducteur ohmique pour la II et l'approximation des états quasi-stationnaires pour la III. Même si elles conduisaient à deux formulations très proches des équations de Maxwell, elles sont bien distinctes. Le jury a pu déplorer le manque de rigueur d'une majorité de candidats dans les questions préliminaires de chaque partie.

Rappelons d'abord une règle fondamentale en physique : aucun terme n'est "négligeable" dans l'absolu. Il n'est négligeable que devant un autre terme, ce qui implique évidemment que les deux termes soient de même dimension ! L'argument trouvé dans plusieurs dizaines de copies formulé ainsi : "la variation spatiale est négligeable devant la variation temporelle" n'a évidemment aucune valeur. On rappellera ainsi qu'un gagnant du loto apprenant qu'il recevra non pas 14.053.221 euros mais 14.013.221 euros sera peu affecté, alors qu'un non gagnant ne considérera certainement pas que 40.000 euros sont une somme "négligeable".

### II) REMARQUES PARTICULIÈRES

Plus précisément, nous rappelons que dans l'équation de Maxwell-Ampère :

\* dans l'hypothèse du conducteur ohmique, le terme produit de  $\mu_0$  par le vecteur densité de courant de déplacement est négligeable devant le terme produit de  $\mu_0$  par le vecteur densité volumique de courant (question 8)

\* alors que dans l'approximation des états quasi-stationnaires, ce terme est négligeable devant le rotationnel du champ magnétique (question 13).

Certes, l'équation simplifiée est la même mais pas pour les mêmes raisons.

A la question 6, le jury a dénombré une cinquantaine de dénominations distinctes pour la constante  $\epsilon_0$ , et autant d'unités farfelues (un candidat imaginaire l'a baptisée "écart statique" et lui a attribué l'unité Weber).

A la question 11, la difficulté particulière de la géométrie du tore a conduit à de nombreux calculs faux, plusieurs candidats multipliant naïvement  $j$  par la surface de la section rectangulaire alors que  $j$  dépendait de  $r$ , d'autres intégrant sur  $r$  et  $\theta$  au lieu de  $r$  et  $z$ .

A la question 13, de nombreuses fautes ont été relevées dans l'énoncé du théorème d'Ampère, l'oubli du rond sur le symbole intégral, qui désigne la circulation le long d'un lacet n'étant pas anodin.

A la question 14, les erreurs et imprécisions (hélas) habituelles sur les symétries et invariances ont été sanctionnées. Notamment l'indépendance du champ magnétique par rapport à la variable  $z$  ne résultait pas d'une invariance a priori et ne pouvait être constatée qu'après l'application du théorème d'Ampère.

La dernière partie correspondait assez précisément à la partie du programme officiel "cycle d'hystérésis" traitée en TP-cours. Les tracés de la courbe de première aimantation et du cycle d'hystérésis étaient souvent fantaisistes, mais un nombre respectable de copies a montré une bonne connaissance du cours.

### **III) CONCLUSION**

En conclusion, ce sujet a permis au jury de récompenser les candidats sérieux et rigoureux, qualités indispensables à un futur ingénieur.

Nous félicitons ainsi les étudiants (et les professeurs qui le leur ont appris) capables d'appliquer un principe de superposition en considérant qu'un tore est la soustraction de deux cylindres, de montrer qu'un terme est négligeable devant un autre en raisonnant en ordres de grandeur, de calculer des flux et des circulations et de comprendre le principe de fonctionnement d'un montage permettant de mesurer simultanément deux grandeurs subtilement distinctes comme le champ et l'excitation magnétiques.