

PSI 2015 RAPPORT ÉPREUVE DE PHYSIQUE, X, INTER-ENS

Introduction

Le problème proposé aux candidats s'intéressait à un dispositif très familier pour de nombreuses personnes, en l'occurrence une table de cuisson par induction. Pour produire de la chaleur dans le récipient métallique massif on doit générer un champ magnétique à haute fréquence (par rapport au 50 Hz disponible sur le réseau domestique). Pour cela on conçoit une chaîne de conversion comprenant un redresseur (non étudié) puis un onduleur à résonance qui constitue le cœur du sujet.

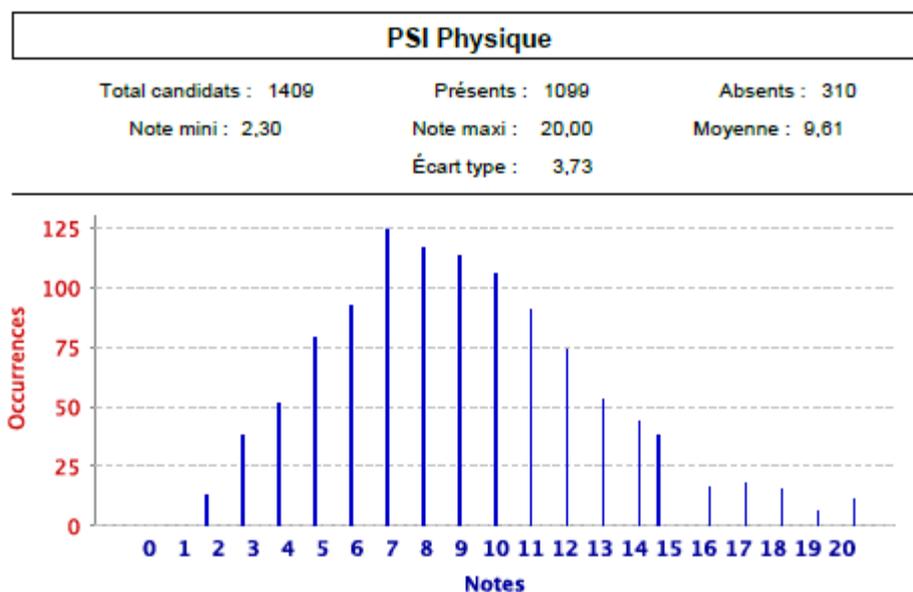
Pour étudier le système du point de vue de l'électronique de puissance on a décidé de se consacrer successivement à une commande pleine onde (partie I), une commande décalée (partie II), l'étude de la résonance (partie III), l'asservissement de la puissance (non-linéaire) (partie IV), la modélisation thermique (partie V) et finalement aux pertes dans les interrupteurs (partie VI).

Remarques générales

On trouvera ici des commentaires qui pourraient se trouver dans de nombreux rapports de concours mais nous osons espérer que certains pourront lire le rapport avant de passer les écrits et ainsi éviter quelques erreurs.

Ainsi par exemple il faut soigner la présentation de sa copie afin que le correcteur n'ait aucun mal à discerner la réponse fournie par le candidat, par exemple en soulignant ou encadrant les résultats. Bien entendu, même si ce n'est pas sanctionné explicitement dans le barème, il est souhaitable de rédiger correctement en français sans fautes d'orthographe ou de grammaire afin d'éviter les incompréhensions qui découlent d'une mauvaise expression.

RÉSULTATS



Les notes des candidats s'étendent de 2 à 20 pour une moyenne de 9,61 et un écart-type de 3,73.

REMARQUES PARTICULIÈRES PAR PARTIE

PARTIE I : Structure et commande pleine onde

I.1) Dans cette question il fallait donner les règles de connexion découlant de la nature de source de tension de la source et de source de courant de la charge, ce qui amène beaucoup de candidats à dire très justement qu'on ne peut pas fermer ou ouvrir simultanément deux interrupteurs d'un même bras (K1 et K'1 ou K2 et K'2), mais malheureusement trop de candidats en concluent abusivement qu'on ne peut pas avoir K1 et K2 fermés ou ouverts simultanément, ce qui est complètement faux et en totale contradiction avec la commande décalée proposée en partie II.

I.2) La représentation graphique sur le document-réponse était souvent correcte mais dans de trop nombreux cas les candidats ont choisi abusivement de prendre $\varphi = 0$, ce qui limite la portée de la représentation et est physiquement incohérent vu la nature de la charge et contraire à ce qui était demandé dans l'énoncé.

I.3) et I.4) Assez bons calculs en général, sauf pour ceux qui confondent valeur maximale et valeur efficace. Il est inutile de refaire le calcul de la valeur efficace d'un signal sinusoïdal car c'est un résultat important du cours.

I.5.b) La réponse consistant à dire que le taux de distorsion est différent car les signaux sont différents est insuffisante, il faut dire que c'est la charge qui permet de filtrer (ici totalement) les harmoniques donc de ramener le taux de distorsion à 0.

I.6) à I.8) Calculs correctement faits en général mais on a également rencontré des réponses fantaisistes, soit par erreurs de calculs qui conduisaient à une puissance ou une moyenne nulle, ce qui est absurde, ou bien encore par confusion entre valeur moyenne et efficace, or on n'avait pas jugé utile de rappeler la définition d'une valeur moyenne qui devrait être parfaitement connue de tous les candidats.

I.9) Question mal traitée par la plupart des candidats d'une part car ils n'ont pas d'abord regardé quel interrupteur conduisait PUIS à l'intérieur de celui-ci si c'était la diode ou le transistor qui conduisait en fonction du sens du courant (de plus le déphasage importait ici).

PARTIE II : Commande décalée

II.2) Ici il importait de placer le maximum du fondamental au milieu des alternances positive ou négative et de raisonner préférablement en angle. Ensuite il fallait décaler le courant de la même quantité φ que précédemment par rapport à ce fondamental. Cette question était l'une des plus difficiles et a été peu souvent réussie.

II.5) à II.8) Ces questions testaient les capacités de calcul des candidats et ont été assez bien traitées par ceux qui ont su calculer correctement la valeur efficace de la tension (évidemment il fallait pour cela avoir donné correctement la tension issue de la commande décalée).

PARTIE III : Étude de la résonance

III.1) à III.3) Certains candidats ne maîtrisent malheureusement pas la notation complexe et donnent des résultats farfelus qu'on ne s'attendait pas à trouver pour un concours de ce niveau. De plus quand on trace un graphe il faut TOUJOURS orienter et graduer les axes correctement, sinon il perd énormément d'intérêt. Il est impératif de connaître les caractéristiques d'un filtre du second ordre sur le bout des doigts.

III.4) à III.7) Mêmes remarques que précédemment sur le calcul complexe. Ici il fallait appliquer correctement le principe de superposition en changeant la fréquence pour chaque harmonique et ensuite remarquer que plus on s'éloigne de la fréquence de résonance plus le courant diminue pour les deux raisons suivantes : d'une part la valeur de l'harmonique de tension diminue et d'autre part l'impédance augmente.

III.8) et III.9) On souligne encore une fois ici l'importance du déphasage et de son signe, et on doit remarquer que suivant la définition des courants ils sont toujours positifs ou nuls (et non négatifs).

PARTIE IV : Asservissement de puissance

IV.1) à IV.4) Bien traitées en général.

IV.5) Manque d'aisance prononcé pour la détermination du spectre car la plupart du temps les candidats ne considèrent que le fondamental de la tension. Ceci n'affectait pas la suite puisqu'ils oublièrent des harmoniques situés au-delà de la fréquence de coupure du passe-bas.

En outre on a constaté de nombreuses erreurs sur la détermination de la fréquence de coupure nécessaire pour obtenir l'atténuation de 100 (une décade entre f_c et $2f$).

PARTIE V : Modélisation thermique

V.1.b) De trop nombreuses erreurs de signe dans le bilan énergétique qui doit être mené rigoureusement pour éviter des aberrations physiques du type : la puissance volumique P_v fait baisser la température (erreur de signe dans le bilan).

V.2) à V.5) Beaucoup d'erreurs flagrantes d'homogénéité dans les réponses concernant les capacités et résistances thermiques élémentaires, ce qui a été évidemment sanctionné car on doit absolument se préoccuper de la validité des résultats de ce point de vue-là (cela conduisait à omettre la surface S dans les calculs). Même si cela menait à une équation de diffusion du même type, comme c'était à partir de résultats faux cela n'était pas pris en compte.

V.7) à V.10) Partie calculatoire dans laquelle en fonction des simplifications proposées il fallait calculer les racines de l'équation caractéristique pour montrer qu'on savait calculer la réponse à un échelon pour un système du deuxième ordre qui se résumait finalement à un premier ordre (pôle dominant).

V.11) à V.15) Partie assez classique sur une ailette de refroidissement qui nécessitait de bien maîtriser encore les bilans thermiques locaux afin de ne pas commettre d'erreur de signe qui conduisaient à une équation erronée et une solution sinusoïdale fautive.

PARTIE VI : Pertes dans les interrupteurs

Partie très peu abordée par les candidats (en raison très certainement de la longueur du sujet).

Calculs nécessitant tout d'abord de tracer correctement les courants dans le transistor et la diode.