

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A SYSTÈME EOS - Durée : 5 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 4 pages ;
- du travail demandé (parties 1, 2 et 3) : 20 pages ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 50 questions : 22 pages.

Ce sujet propose d'analyser, de modéliser et de valider certaines solutions choisies pour la conception du système EOS, un dispositif d'imagerie permettant, en une passe, de scanner et reconstruire un modèle tridimensionnel du squelette d'un patient en vue d'en faire des simulations. Le fil rouge du sujet était la gestion de la phase de scan qui nécessite une précision particulière, aussi bien du point de vue de l'architecture mécanique que des aspects commande et asservissement. Les différentes parties s'intéressaient donc à la modélisation et la validation du système d'entraînement, du système de pilotage et à la conception de l'architecture mécanique.

Les trois parties étaient indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- la **Partie 1** abordait la vérification de l'exigence « Motorisation du bras » et permettait une première découverte du fonctionnement et des caractéristiques attendues pour le système ;
- la **Partie 2** s'intéressait à la vérification de l'exigence « Vitesse de déplacement du bras » et était l'occasion de modéliser la chaîne d'énergie permettant de motoriser le déplacement le système, avant de d'étudier les aspects asservissements liés à sa commande ;
- la **Partie 3**, enfin, permettait d'étudier l'exigence « Qualité des images » et pour cela d'analyser la structure mécanique de la chaîne d'énergie.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Le sujet abordait au travers de la construction d'un modèle de comportement, puis de la synthèse d'une solution, une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de CPGE. Certaines questions plus ouvertes permettaient aux candidats de mettre en œuvre les compétences développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

Le fait que les trois parties soient indépendantes permettait aux candidats de poursuivre leur épreuve sans rester bloqués sur l'une d'entre elles. Les candidats ont su profiter de ces différents points d'entrées et ont balayé l'ensemble des parties. Les correcteurs ont d'ailleurs apprécié que, contrairement à des éditions précédentes, très peu de candidats fassent une impasse complète sur certaines parties du programme, et que la majorité d'entre eux ait essayé de traiter les différentes composantes du sujet, au moins pour les aspects simples. Cependant, attention aux tentatives d'escroqueries ! La seule recopie dans le cahier réponses des informations données dans la question ne permet évidemment pas de marquer des points. De même, une simple conclusion à une question de la forme OUI ou NON, sans justification ou explication de la démarche, n'est pas recevable. On trouve encore des copies dans lesquelles le candidat récite son cours sans chercher à résoudre la question. Rappelons que les compétences ne se sont pas de simples connaissances.

Les copies sont, en général, bien présentées (le formatage par cahier réponses aide en ce sens très certainement). Quelques candidats utilisent cependant le cahier réponses comme brouillon et écrivent les réponses au crayon de papier de manière quasi illisible.

Pour finir, notons que comme chaque année, quelques excellents candidats ont su prouver leurs grandes qualités en traitant parfaitement la quasi-totalité du sujet.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie 1 – ÉTUDE DE L'EXIGENCE « MOTORISATION DU BRAS »

Partie 1.2 – Analyse de la plage des vitesses de scan

Cette première partie du sujet, dont les questions étaient volontairement élémentaires, permettait aux candidats d'appréhender facilement certains aspects du fonctionnement temporel du système. De ce fait, 66% des candidats ont bien traité les 3 premières questions, mais seulement 20% la quatrième qui ne nécessitait pourtant que des connaissances de base d'une FT du premier ordre.

Partie 1.3 – Validation de la puissance des moteurs électriques

Seuls 50% des candidats ont traité correctement cette question alors que la détermination de la puissance nécessaire en régime permanent est une étude très simple et indispensable à maîtriser pour un futur ingénieur.

Partie 1.4 – Détermination de l'architecture du préactionneur électrique des moteurs

Cette partie faisait référence aux nouvelles compétences du programme de PTSI/PT. La grande majorité des candidats l'a abordée et traitée correctement jusqu'à la question 12 (environ 60% de bonnes réponses). La qualité des réponses baissant par la suite pour atteindre à peine 12% de bons résultats pour la question 16.

Partie 2 – ÉTUDE DE L'EXIGENCE « VITESSE DE DÉPLACEMENT DU BRAS »

Partie 2.1 – Détermination d'un modèle dynamique de la transmission

La mise place du modèle classique d'un moteur à courant continu est maîtrisée par la grande majorité des candidats (86%). En revanche, l'écriture du théorème de l'énergie cinétique en vue de la détermination de l'inertie équivalente est très mal réalisée (13% des candidats seulement le font correctement dans ce sujet !).

La question 21 étant un peu calculatoire, elle a bloqué de nombreux candidats. Les questions suivantes ont donc été très peu abordées. Il est inquiétant de constater que l'immense majorité des candidats à un concours d'écoles d'ingénieurs ne soit plus capable de réaliser quelques lignes de calculs sans faire d'erreurs...

Partie 2.2 – Asservissement et détermination du correcteur

Afin de rendre cette partie indépendante de la précédente, le modèle de la motorisation était donné aux candidats. Malgré cela, moins de 30% l'ont abordée. Même la détermination de la FTBO de la boucle (question que l'on retrouve dans la quasi-totalité des sujets de SIA) n'est pas traitée correctement (à peine 25% de bonnes réponses) ! La FTBO étant fautive, le tracé du diagramme de Bode est également faux et la détermination des paramètres du correcteur devient problématique. Seuls 7% des candidats ont traité correctement cette sous-partie jusqu'à la fin.

Partie 1.3 – Validation du système de commande

Cette sous-partie, à nouveau indépendante, a été très peu abordée. Les réponses à la question 36 laissent entrevoir de profondes lacunes dans l'analyse d'une courbe et du sens de ce qu'elle représente du comportement du système réel.

Partie 3 – ÉTUDE DE L'EXIGENCE « QUALITÉ DES IMAGES »

Cette partie s'intéressait à la structure mécanique qui a été choisie pour assurer le guidage du bras supportant les chaînes d'acquisition lors du déplacement vertical permettant le scan. Les choix technologiques ont ici une influence directe sur l'exigence de qualité des images.

Partie 3.1 – Analyse globale de la structure mécanique de la chaîne d'énergie

On s'intéressait en premier lieu au degré d'hyperstatisme associé au modèle de la structure. Pour simplifier, une seule chaîne était représentée et les caractéristiques des liaisons n'étaient demandées que pour celle-ci, mais on demandait de prendre les trois chaînes en compte dans le calcul. Les candidats qui ont su mener cette analyse sont extrêmement rares (les résultats donnés étant faux dans la majorité des cas, même en supposant qu'ils n'avaient considéré qu'une seule

chaîne). En revanche, la proposition d'une nouvelle configuration permettant de limiter cet hyperstatisme a été bien abordée et de bonnes solutions ont été proposées par beaucoup.

Partie 3.2 – Analyse d'une des liaisons entre le bras et le bâti

On commençait ici par étudier le risque d'arc-boutement dans une des liaisons entre le bras et la colonne. Pour cela, les trois questions permettaient de détailler la démarche et de conduire les candidats vers le résultat. Beaucoup trop de candidats connaissent mal le modèle de Coulomb, ce qui les a évidemment pénalisés. En revanche, de nombreuses copies ont donné une condition de non-arc-boutement correcte en utilisant une méthode graphique, ce qui a été évidemment accepté, même si la démarche suggérée par l'énoncé était plutôt analytique.

Suivait une analyse des actions parasites dans la liaison, due à un éventuel défaut dimensionnel. Le modèle proposé était celui d'une poutre en flexion et seule la mise en place des équations permettant de calculer la déformée était demandée. La solution, trop longue à calculer dans le temps imparti, était donnée sous forme graphique. Il est dommage que le fait d'avoir affaire à une poutre verticale et d'axe « z » ait si fortement perturbé les candidats qui semblent souvent ne faire appel qu'à des formules toutes faites. De même, certains candidats se sont lancés dans le calcul de la fonction alpha, intervenant dans l'expression de la flèche, alors que ce n'était pas demandé, ce qui leur a coûté beaucoup de temps. L'utilisation du graphique fourni n'est visiblement pas habituelle chez les étudiants qui pour beaucoup n'ont pas su en tirer parti.

La dernière question du sujet, qui portait sur une réflexion autour des effets potentiellement néfastes des efforts parasites sur la qualité des images, n'a été abordée que dans très peu de copies. Cependant, lorsque ça a été le cas, les candidats ont fait montre d'une bonne analyse.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

On conseille de nouveau aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées (une durée indicative de 15 min est donnée dans l'introduction pour découvrir le sujet dans sa globalité). Cela permet d'une part de mieux gérer le temps imparti pour l'épreuve et de prendre du recul face à la problématique et d'autre part d'avoir un parcours de réponses aux questions plus harmonieux qu'un simple « picorage » des questions.

Ainsi, les correcteurs sont sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant alors des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par-ci par-là.

En termes de rendu d'épreuve, le cahier réponses ne doit pas être utilisé comme un cahier de brouillon (la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, mais elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation), ni se limiter à un simple catalogue de réponses sans justifications. Les conclusions de certaines questions ne peuvent être valorisées que si le candidat précise le cheminement qui l'a amené à ces dernières.