

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A

Table AZALÉE

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 + 4 pages d'annexes ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 47 questions : 22 pages.

Ce sujet propose d'analyser, de modéliser et de valider certaines solutions choisies pour la conception de la table AZALÉE, la plus grande table vibrante d'Europe, utilisée au CEA. On s'intéressait à l'architecture mécanique de la table, ainsi qu'aux aspects commande et asservissement. Les différentes parties s'intéressaient donc à la modélisation et la validation de la structure, 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 I abordait la vérification de l'exigence « Fournir à la table des mouvements caractéristiques d'un séisme » ;
- la Partie II s'intéressait à la modélisation du comportement temporel des éléments de la chaîne de transmission de puissance ;
- la Partie III se concentrait sur la vérification de l'exigence « Contrôler les mouvements de la table ».

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. Comme les autres années, les candidats ont su profiter de ces différents points d'entrées et ont balayé l'ensemble des parties. Les correcteurs ont apprécié que 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. Comme d'habitude, 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. Quelques rares 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 I – Étude de l'exigence « Fournir à la table des mouvements caractéristiques d'un séisme »

Partie I.1 –^[L]_[SEP] Modélisation simplifiée d'une structure soumise à un séisme

Cette première partie du sujet était l'occasion de construire un modèle dynamique très simplifié d'un bâtiment, sur la base d'un système à un degré de liberté en translation. La rigidité de la structure était modélisée par des poutres en flexion en parallèle, dont on déterminait la raideur à l'aide de la théorie des poutres. La démarche de construction de ce modèle a été globalement bien appréhendée par beaucoup de candidats mais de trop nombreuses erreurs d'étourderie (signe, oubli de la masse, oubli du nombre de poutres...) les ont pénalisés, donnant un taux de réussite moyen à cette partie d'environ 50%.

Partie I.2 –^[L]_[SEP] Analyse du fonctionnement cinématique de la table

Cette seconde partie, plus longue, permettait d'étudier en détail la construction d'un modèle cinématique de la table, et de porter un œil critique sur les hypothèses de ce modèle. Après une étude cinématique de la table (bien traitée par plus de la moitié des candidats), on s'intéressait à une des rotules, afin de vérifier qu'elle pouvait être supposée parfaite. Pour cela, le sujet proposait une démarche très détaillée pour calculer la pression de contact dans la rotule, puis les actions mécaniques de liaisons en prenant en compte les frottements. Des résultats analytiques de calcul d'intégrales étaient fournis, permettant d'éviter de fastidieux développements. Cette analyse a été bien réussie (plus de 60% de bonnes réponses), les candidats utilisant les résultats fournis à bon escient, même si, à nouveau, des erreurs de calcul viennent souvent émailler les réponses. En définitive les candidats arrivent à la question finale d'analyse avec des résultats qui ne leur permettent pas de conclure, mais beaucoup montrent qu'ils ont bien compris le sens physique de cette analyse.

Partie II – Modélisation du comportement temporel des éléments de la chaîne de transmission de puissance

Partie II.2 –^[L]_[SEP] Détermination du comportement attendu du système

Les réponses sont correctes quant au comportement attendu du système pour la grande majorité des candidats mais il y a trop peu de justifications proposées. Par contre le lien entre le comportement en BO et les caractéristiques en BF n'est pas maîtrisé par la plupart de candidats.

Partie II.3 – Modélisation du comportement dynamique des composants

Cette partie proposait l'étude du comportement dynamique d'un vérin hydraulique, ce thème ayant déjà été abordé dans de nombreux sujets antérieurs. Les questions concernant cette partie ont dans l'ensemble été bien traitées. Par contre, celles concernant le modèle équivalent à 2 vérins n'ont que très rarement abouties à des résultats corrects. Il est dommage que la plupart des candidats ne soient pas capables de mener à leurs termes et sans faute des calculs de plus de 4 lignes !

Partie II.4 — Analyse du comportement global

Une première analyse du comportement était proposée ici à partir des informations en BO. On constate très clairement que les méthodes d'analyse du diagramme de Bode de la FTBO sont connues et maîtrisées par les étudiants. Malheureusement le tracé du digramme de Bode d'une FTBO comportant un intégrateur n'est pas maîtrisée (moins de 5% de candidats l'ont fait correctement !). Les analyses qui en résultent sont donc fausses... Enfin la détermination de la valeur limite du coefficient d'amortissement assurant le critère de stabilité n'est absolument pas maîtrisée. Nombreux sont ceux qui proposent (sans justification aucune) un coefficient d'amortissement de 1 ou de 0,7...

Partie III – Validation des critères principaux de l'exigence « Contrôler les mouvements de la table »

III.2 — Détermination des caractéristiques d'un filtre de second ordre

Cette partie proposait une identification des caractéristiques du système réel à partir d'une réponse indicielle. De nombreux candidats se trompent dans le calcul de l'aire d'un trapèze. Trop peu ont

obtenus les valeurs correctes des coefficients d'un système du second ordre alors que les abaques étaient fournis. Enfin, nous n'avons obtenus que très peu de réponses pertinentes à la question 40.

III.3 — Détermination complète de la correction

Après avoir déterminé le mode dominant en BO, cette partie proposait la détermination d'un correcteur permettant de valider le cahier des charges. Le mode dominant correspondait à un simple intégrateur de gain non unitaire. Le diagramme de Bode étant fourni, il n'y avait pas de difficultés particulières pour les candidats. Le jury a été agréablement surpris de constater qu'une partie non négligeable des candidats a identifié correctement l'effet retard et l'a retranscrit correctement sur le diagramme de Bode de la phase. Il est par contre dommage que parmi ces candidats, seul un très faible pourcentage a osé poursuivre les calculs jusqu'à la fin du sujet afin d'identifier les caractéristiques du correcteur à avance de phase proposé.

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.