

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A

GEMINI : cellule hybride pour la fabrication de pièces XXL

Durée : 5 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 5 pages ;
- du travail demandé (parties I à III : 17 pages) + 1 pages d'annexes ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 48 questions : 24 pages.

Il proposait d'analyser, de modéliser et de valider certaines solutions choisies pour la conception de GEMINI, une cellule hybride pour la fabrication de pièces XXL développée par la société française VLM robotics. On se concentrait en particulier sur le robot, qui avait pour particularité de mettre en mouvement de fortes charges avec une très grande précision. Les problématiques à prendre en compte dans le dimensionnement étaient donc originales, du fait des énormes actions mécaniques mises en jeu. On s'intéressait à l'architecture mécanique du système, ainsi qu'aux aspects commande et asservissement. Les différentes parties étaient indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- la Partie I (durée conseillée 1h45) abordait l'étude des actions mécaniques dans les axes et le dimensionnement des moteurs ;
- la Partie II (durée conseillée 45 min) s'intéressait au réducteur d'un des axes et aux déformations éventuelles de celui-ci, ainsi qu'à l'influence sur le positionnement du bras ;
- la Partie III (durée conseillée 2h15 min) se concentrait sur l'étude du contrôle du mouvement de lacet.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Le sujet sollicitait, à travers la construction d'un modèle de comportement puis l'élaboration d'une solution, un large éventail de connaissances relevant des programmes de première et de deuxième année de CPGE. Certaines questions plus ouvertes invitaient les candidats à mobiliser les compétences générales acquises en Sciences industrielles pour l'ingénieur. La structure en trois parties indépendantes offrait la possibilité de progresser sans rester bloqué sur une section particulière. Les candidats ont su tirer parti de ces points d'accès pour aborder l'ensemble du sujet, ne serait-ce que dans ses aspects les plus accessibles.

Il convient de rappeler que la simple recopie, dans le cahier de réponses, des informations fournies dans l'énoncé ne saurait donner lieu à une quelconque attribution de points. De même, une réponse se limitant à un « oui » ou un « non », sans justification ni explication de la démarche, ne peut être acceptée. Dans l'ensemble, les copies sont bien présentées. Quelques rares candidats, toutefois, utilisent le cahier de réponses comme un brouillon : certains rédigent au crayon de papier de manière presque illisible, d'autres se contentent de recopier mot pour mot l'énoncé de chaque question dans les espaces prévus.

Enfin, comme chaque année, il convient de saluer les excellents candidats qui ont su démontrer leurs remarquables aptitudes en traitant avec brio la quasi-totalité du sujet.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie I – Étude de la cinématique et des actions mécaniques dans le robot

Partie I.2 – Actions mécaniques à transmettre en statique

Cette première partie avait pour objectif de rentrer dans le sujet en calculant quelques ordres de grandeurs des actions mécaniques mises en jeu. Le calcul du couple à transmettre et de sa valeur maximale n'a pas posé de problème. En revanche, l'étude du frein a obtenu des résultats plus contrastés : certains candidats établissent de manière très efficace les différentes équations mises en jeu, d'autres espèrent réutiliser des formules toutes faites, sans les réadapter ne serait-ce qu'aux notations de l'énoncé. Cela peut aboutir à des ordres de grandeur des résultats complètement farfelus (plusieurs milliers de ressorts par exemple) qui ne semblent pas les questionner.

Partie I.3 – Actions mécaniques à transmettre en dynamique

On s'intéressait maintenant aux effets dynamiques pour montrer que ceux-ci n'étaient pas négligeables du fait des inerties considérables mises en jeu. Les différents calculs d'inertie, de moments cinétiques et dynamiques et de couples n'ont pas semblé poser de difficultés aux candidats, ce qui a permis à la majorité d'entre eux de conclure quant à l'importance de prendre en compte les phénomènes dynamiques.

Partie I.4 — Détermination d'une des équations du mouvement

Dans cette troisième partie, on devait déterminer une équation du mouvement. Les questions étaient suffisamment détaillées pour qu'une bonne partie des candidats arrivent à leur fin. On peut cependant regretter que beaucoup de candidats ne s'adaptent pas aux notations de l'énoncé. Les questions suivantes portaient sur la résolution numérique de l'équation du mouvement en python. Bien que la méthode d'Euler soit rappelée et il qu'il ne s'agisse que de compléter quelques lignes de codes, beaucoup de candidats ont préféré sauter cette partie.

Partie II – Étude du système contrarotatif

Partie II.1 — Influence des défauts angulaires

Dans cette partie, on s'intéressait à la précision du positionnement du système dans une configuration où les calculs restaient simples. La valeur du défaut angulaire maximal admissible a été déterminée par une majorité de candidats, qui devaient ensuite étudier un réducteur pour voir si celui-ci permettait de vérifier le cahier des charges.

Partie II.2 — Schématisation du réducteur

Dans l'étude du réducteur, les candidats étaient volontairement laissés libres de choisir la méthode de calcul et un grand nombre d'entre eux a su calculer le rapport de réduction et donc le défaut angulaire maximal admissible. L'étude de la déformation de la denture d'un engrenage, modélisée comme une poutre, a semblé déstabiliser la majorité des candidats, qui ont essayé de ressortir des formules toutes faites pour une poutre en flexion, sans même essayer d'adapter les grandeurs au problème du sujet. Cette stratégie ne rapporte évidemment pas de points.

Partie III – Modélisation du comportement de la chaîne de transmission de puissance de l'outil du robot

III.2 – Étude du bloqueur

Cette partie proposait la détermination d'un modèle simplifié d'un bloqueur d'ordre 0. Cette partie fait référence aux parties du programme ajoutées lors de la dernière réforme, parties qui concernaient des notions de base sur les asservissements numériques.

Alors que d'une part ces notions sont récentes et d'autre part que les questions de cette partie sont plus théoriques qu'à l'habitude, les pourcentages de réussite des étudiants à ces questions est similaire au pourcentage de réussite de la question 42 qui elle, a contrario, est extrêmement classique. Le jury a apprécié les efforts que les étudiants ont su réaliser sur ces nouvelles notions du programme mais déplore les très nombreuses erreurs commises sur une question élémentaire.

Le jury déplore l'incapacité de la grande majorité des candidats à transcrire sur une échelle log une courbe donnée intégralement sur une échelle linéaire (Q29).

III.3 — Étude du codeur absolu

Cette partie proposait la détermination du nombre de pistes d'un codeur absolu en fonction de l'impact de l'erreur angulaire intrinsèque à un de ses secteurs sur l'erreur de position de l'extrémité de l'outil. Cette partie très simple a été bien réussie par une majorité des candidats.

III.4 — Étude du pré-actionneur

Cette partie proposait de déterminer l'architecture du hacheur du moteur à courant continu en fonction des modes de fonctionnement de l'outil précisés dans le sujet. Cette partie relativement simple et classique a été largement abordée et plutôt bien traitée par les candidats.

III.5 — Modélisation de la chaîne de transmission de puissance

Cette partie proposait de déterminer un modèle de comportement simplifié de la chaîne de transmission de puissance de l'outil du robot à partir de l'analyse d'une courbe obtenue expérimentalement. Cette partie abordait également les problèmes de filtrage du bruit sur une courbe expérimentale en demandant aux candidats de déterminer les caractéristiques d'un filtre numérique d'ordre 2. Encore une fois, le jury trouve anormal que le pourcentage de réussite des questions concernant le filtre numérique (questions calculatoires) soit pratiquement le même que celui de la question 42 concernant l'identification des caractéristiques d'une fonction de transfert d'ordre 1 (question élémentaire qui devrait être maîtrisée par la majorité des candidats).

III.5 — Détermination des correcteurs

Cette partie a été assez peu abordée par les candidats, probablement par manque de temps. Pour le peu de candidats l'ayant abordée, les résultats sont très contrastés.

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 30 min était 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. Des candidats développent parfois une longue démarche pour une question, avant de se rendre compte qu'ils sont en train de répondre aux questions qui suivent et de tenter une renumérotation du cahier avec force flèches et couleurs...

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.