

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A **CONCEPT MACHINE 4.0 : Axelle**

Durée : 5 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 2 pages ;
- du travail demandé (parties A à C : 13 pages) + 8 pages d'annexes ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 45 questions : 30 pages.

Le sujet portait sur la partie « Robot delta 2D » du démonstrateur technologique (ou concept machine) « Axelle » pour répondre à la demande du « Collectif Continuité Numérique » dont les membres souhaitaient montrer leurs savoirs faire en termes de composants innovants pour l'industrie 4.0.

Après une étude structurelle, l'objectif global du sujet était de valider la loi de pilotage des motoréducteurs synchrones équipant le système pour un mouvement de prise et dépose (pick & place). Le sujet était composé de trois parties différentes, indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- la Partie A abordait l'aspect structurel du robot avec une étude séquentielle;
- la Partie B concernait l'étude mécanique du système de « pick & place » pour déterminer les couples que devaient exercer les motoréducteurs en fonction de la géométrie de la structure du robot ;
- la Partie C se concentrait sur la modélisation du comportement afin d'étudier et de valider une loi de pilotage.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Afin de valider la loi de pilotage lors d'un mouvement de pick & place, le sujet proposait un ensemble de questions recouvrant une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de CPGE. Si quelques questions faisaient simplement appel au sens pratique du candidat, la plupart permettaient aux candidats de mettre en œuvre les compétences générales développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

Les trois parties étaient indépendantes et elles-mêmes composées de sous-parties indépendantes. Les candidats ont pu profiter de ces différents points d'entrées pour balayer l'ensemble des parties, même si quelques questions relativement simples en fin de sujet ont été peu traitées. Si une grande partie des questions était indépendante, on note qu'un ensemble de questions liées comportait au plus 3 voire 4 questions. Au niveau de la question la moins bien traitée de l'ensemble du sujet, on note tout de même une vingtaine de candidats ayant obtenu le maximum de points. Plusieurs candidats ont quasiment traité toute l'épreuve.

Rappelons, s'il est encore besoin, qu'il est très important de garder les expressions littérales jusqu'au moment de l'application numérique. Les questions portant parfois sur plusieurs points, il est également important que les candidats relisent la question avant de passer à la suivante afin de vérifier de l'avoir entièrement traitée. Par ailleurs, pour valider le cahier des charges, le jury attend que, pour chacun des critères concernés, la valeur obtenue par le système soit comparée à la valeur requise pour conclure.

Enfin, l'écart type est plus grand que les années précédentes. L'épreuve est donc classante. Les résultats sont en adéquation avec les attentes du jury avec de très bonnes copies même si l'on observe encore d'autres vraiment très médiocres.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie A – Analyse du fonctionnement du Robot Delta

Cette première partie avait pour objectif d'étudier l'aspect structurel du robot. L'étude des flux d'énergie et d'information n'a pas posé de problème majeur même si la faute la plus courante est d'avoir un flux d'énergie en entrée d'un capteur. Le vocabulaire associé aux chaînes fonctionnelles est non maîtrisé. Si les fonctions sont souvent mal identifiées, les noms génériques semblent encore moins connus ou maîtrisés. Seulement un tiers des candidats semble familier avec la représentation graphique d'un distributeur pneumatique. Beaucoup semblent ne pas avoir compris la logique de la représentation.

Partie B – Étude de l'architecture mécanique du Robot Delta

Partie B.1 – Étude mécanique de la structure 3D

Cette première partie avait pour objectif dans un premier temps, d'étudier les mouvements autorisés par la structure et dans un second temps de réduire le nombre de contraintes de montage par une étude des degrés de mobilité et d'hyperstatisme. Globalement, l'ensemble des questions est bien traité. Les mobilités internes ont été correctement identifiées. Beaucoup de candidats n'ont cependant pas compris le rôle du parallélogramme déformable.

Partie B.2 – Étude cinématique de la structure 2D

L'objectif, ici, était de passer des coordonnées cartésiennes du mouvement de pick & place aux coordonnées articulaires via une fermeture géométrique. Peu de candidats se trompent dans les projections. La partie numérique associée a été plus problématique, tant sur la discrétisation du mouvement que sur la méthode par dichotomie qui ne semble pas maîtrisée par la moitié des candidats. Certains ont écrit, avec succès, une forme récursive de l'algorithme.

Partie B.3 – Étude dynamique de la structure 2D

Cette partie, liée à l'étude dynamique du robot, permettait particulièrement de mettre en évidence la rigueur et les méthodes des candidats. Le jury relève beaucoup trop de justifications erronées, incomplètes ou non pertinentes pour la forme de l'opérateur d'inertie et de celles des glisseurs étudiés. Par ailleurs, beaucoup de candidats ne dressent pas le bilan des actions mécaniques avant l'application du PFD et oublient parfois jusqu'à la masse de la charge déplacée. Seule la moitié des candidats semble au point sur les stratégies d'isolement en vue de déterminer des efforts spécifiques. Il est toutefois à noter que les calculs des torseurs dynamiques ont été bien effectués cette année.

Partie C – Étude de l'asservissement en position du Robot Delta

Partie C.1 – Modélisation de la chaîne d'énergie

Le début de cette partie avait pour objectif de déterminer l'inertie équivalente de l'ensemble en mouvement, ramenée sur l'axe moteur d'un des bras. Des candidats confondent réduction et rapport de réduction mais raisonnent correctement au niveau de l'application numérique. La lecture d'un document technique donnait rapidement la réponse à une des questions posées mais beaucoup de candidats sont partis dans des directions très étonnantes avec des ordres de grandeurs farfelus pour la masse maximale à déplacer.

La fin de cette partie n'a pas posé de problème majeur et les candidats ont bien utilisés les notations liées à la transformée de Laplace d'un produit. Le jury regrette que des candidats écrivent plusieurs lignes pour dériver des constantes.

Partie C.2 – Modélisation du comportement de la commande

Dans cette dernière partie, beaucoup de candidats ont récité leur cours sans tenir compte de la question et/ou du système. Pour valider le cahier de charges au niveau de la précision, trop de candidats regardent la classe (souvent confondu avec l'ordre) du correcteur sans tenir compte de celle de la FTBO non corrigée. Certains confondent précision et stabilité. D'autres affirment que tout système dont la FTBO est de classe deux est instable.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

On conseille de nouveau aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet et des documents annexes (ainsi que le document réponse) pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées (une durée indicative de 20 min était donnée dans l'introduction pour découvrir le sujet dans sa globalité).

Les questions suivent une démarche de résolution de la problématique posée et ne sont pas dans un niveau strictement croissant de difficulté. De plus, comme la plupart des questions sont indépendantes, les candidats doivent essayer de reprendre le sujet au plus tôt après une question non traitée, sans laisser tomber tout le reste de la partie.

Il est conseillé de bien relire la question avant de passer à la suivante et vérifier que le résultat est valide, i.e. avec la bonne dimension pour son expression littérale et non aberrant pour sa valeur numérique.