

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A
PT SI A : PROTOTYPE DE ROBOT POUR LA CHIRURGIE ENDOSCOPIQUE

Durée : 5 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet porte sur l'étude et la réalisation d'un prototype de robot pour la chirurgie endoscopique

Les auteurs du sujet remercient le Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes (LAAS) dépendant du CNRS de Toulouse pour son aide dans la conception de ce sujet.

La répartition de la notation a été faite approximativement de la manière suivante :

- Analyse fonctionnelle	7 %
- Cinématique	16 %
- Dynamique	12 %
- Asservissements	30 %
- Résistance des matériaux	16 %
- Graphe informationnel causal et Grafcet	18 %

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Comme celui de l'an dernier, le sujet est structurellement long et couvre une large partie du programme. Les candidats qui se trouvent bloqués dans une partie peuvent s'exprimer dans celle qui suit. Une lecture complète du sujet est conseillée en début d'épreuve afin de s'imprégner du sujet. Il semble que la plupart des candidats répondent pourtant de façon linéaire aux questions.

L'analyse fonctionnelle a été abordée par la majorité des candidats. Il en est de même pour la cinématique.

La dynamique et les asservissements sont plus ou moins imbriquées et ont été traitées partiellement.

Seule la première partie de la résistance des matériaux a été abordée.

La description par graphe informationnel causal, placée vers la fin de l'épreuve a été très peu abordée mais cela était prévisible.

La description par GRAFCET constituait, pour la dernière partie, une question subsidiaire qui a été traitée par quelques candidats qui n'ont pas bien réussi dans les parties précédentes.

ANALYSE PAR PARTIES

Analyse fonctionnelle :

Elle permet la présentation ainsi que l'approche de l'étude d'une évolution du système.

Elle a été traitée à peu près convenablement.

Notons cependant qu'une fonction s'exprime par un verbe à l'infinitif, un moyen fait appel à un ou plusieurs objets.

Cinématique :

Elle fait découvrir les problèmes liés au fonctionnement et à l'hyperstatisme du système.

On affirme trop souvent que le mécanisme comporte deux cycles indépendants sans aucune justification. La loi de composition des torseurs cinématiques n'est pas toujours explicitée mais les équations sont correctement écrites. On dit souvent que le rang du système est de trois alors qu'il y a au total douze équations. On ne se sert pas toujours du rang pour calculer la mobilité. Seuls quelques candidats ont justifié les modifications des liaisons à partir des équations de la cinématique. Pour ce qui concerne le CIR, on n'ose pas dire que c'est un point de vitesse nulle.

On n'a pas souvent vu que dans la position d'initialisation du robot, l'extrémité de l'instrument est confondue avec le centre du trocart. On s'attache trop souvent aux projections des vecteurs dans la base liée au repère fixe pour calculer les dérivées. On confond trop souvent diamètre et rayon pour faire le calcul d'une vitesse linéaire.

Dynamique et automatique :

Elles permettent de vérifier les performances de l'axe de déplacement vertical : temps de réponse, précision et stabilité.

Energie puissance :

Dans le bilan, les actions du moteur électrique apparaissent très rarement, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la frontière d'isolement. On oublie très souvent les actions de pesanteur, pourtant le sujet y faisait allusion. Le calcul de la puissance totale et de l'énergie cinétique est cependant abordé par beaucoup de candidats. Le théorème de l'énergie puissance est appliqué à peu près correctement.

Vérification de la tension du câble :

Cette question a été escamotée par la majorité car la démarche est laissée à l'initiative du candidat et on n'aime pas cela !

Fonction de transfert du moto-réducteur et de sa charge :

Le début de cette partie a été abordé par tous les candidats. On ne voit pas toujours que l'on définit deux fonctions de transfert, l'une à partir de la commande en tension, l'autre à partir de la perturbation. On ignore quelques fois la forme canonique. En analysant la courbe de réponse, on affirme presque toujours que le système est du premier ordre mais sans justifier. On confond trop souvent gain statique et valeur finale.

On a complètement oublié la condition fondamentale de stabilité d'un système : les pôles de la fonction de transfert (racines de l'équation caractéristique) à parties réelles négatives. Les diagrammes de Bode sont en général bien représentés et les marges de stabilité sont mises en évidence. Les candidats n'ont pas su remarquer que sur le diagramme de Black, l'influence de l'inductance se manifeste à des pulsations bien supérieures à la pulsation critique. Une diminution du gain entraîne une valeur en dB négative donc un rapport inférieur à 1.

L'étude de la précision est pratiquement escamotée, surtout vis à vis de la perturbation.

Pour identifier un système du second ordre à partir de sa réponse indicielle, on affirme souvent les résultats sans aucune explication, on confond pulsation propre et pseudo-pulsation des oscillations amorties, gain statique et valeur finale.

La notion de bande passante est mal perçue.

L'étude des mouvements autour de la position d'équilibre a été à peu près bien menée mais la recherche de la raideur du ressort n'a pas été faite.

Le choix du filtre a été fait par quelques candidats.

Résistance des matériaux :

La partie dynamique et asservissement a montré le manque de rigidité de la structure.

La résistance des matériaux propose une évolution pour rigidifier cette structure.

La première partie a été abordée à peu près correctement. Les caractéristiques de l'acier ne sont pas toujours bien connues. L'effort se répartit souvent sur une seule barre et on confond les moments quadratiques pour le calcul des contraintes.

La deuxième partie a été très peu abordée par les candidats et on trouve souvent des résultats aberrants.

Grphe informationnel causal :

Il permet d'amorcer une étude de l'évolution du robot prenant en compte les mouvements naturels des organes qui sont des parasites pour le chirurgien.

Cette partie se présente sous forme de questions de cours et seulement quelques candidats ont répondu.

Grafcet :

Parmi les rares candidats qui ont traité cette question, très peu ont compris le fonctionnement d'un détecteur de proximité, avec ses deux seuils : action et relâchement.

Fallait-il supprimer cette question ?

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Le sujet de Sciences industrielles A- a la particularité de devoir proposer "une étude inédite d'un objet industriel récent". Il exige un esprit large et polyvalent, mais aussi rapide et efficace compte tenu de la courte durée de l'épreuve.

Une lecture complète et approfondie du sujet est fortement conseillée aux candidats pour s'appropriier le contexte de l'étude. De plus, une lecture attentive des questions doit permettre aux candidats d'éviter des hors sujets. Enfin, pour éviter des erreurs, nous conseillons aux candidats de justifier rapidement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé.

Il ne faut pas affirmer des résultats sans donner des explications, il faut vérifier l'ordre de grandeur et préciser les unités lorsque le résultat est numérique, vérifier l'homogénéité des relations établies, il faut conclure quant à la validité du résultat.

Il faut apporter suffisamment de soin dans la présentation. Une copie illisible, pleine de ratures, une suite de calculs sans la moindre rédaction, conduisent à une mauvaise disposition du correcteur.