

ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A

Cellule robotisée d'emboilage et de transfert

Durée : 5 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 5 pages ;
- du travail demandé (parties A, B, C, D et E) : 14 pages + 11 pages d'annexes ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 44 questions : 28 pages.

Ce sujet porte sur la cellule robotisée d'emboilage et de transfert de la cave coopérative de Lugny située en Saône et Loire. Ce système, dont l'élément central est un robot articulé six axes, permet le conditionnement et le reconditionnement de bouteilles de crémant de Bourgogne. On s'intéressait aux aspects fonctionnels du système, à l'architecture mécanique du robot, ainsi qu'aux aspects commande, asservissement et conversion électromécanique. Le sujet était articulé autour de cinq parties : une partie liée à la découverte de la composition et du fonctionnement du système, et quatre parties liées à la vérification ou la validation d'exigences. Les parties étaient indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément dans la plupart des cas :

- la Partie A abordait l'analyse du fonctionnement du système ;
- la Partie B s'intéressait à l'influence du comportement du socle du robot sur le suivi de trajectoire ;
- la Partie C permettait d'élaborer un modèle de comportement dynamique lors d'un suivi de trajectoire ;
- la Partie D permettait de choisir une correction adaptée pour la commande afin de suivre au mieux la trajectoire ;
- la Partie E permettait de valider des solutions de conversion électromécanique liées à la mise en place des rampes de ventouses .

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Les items abordés couvraient une grande partie du programme : analyse fonctionnelle, système à événements discrets, schéma pneumatique, résistance des matériaux, statique, cinématique, cinétique, dynamique, modélisation et amélioration des performances des systèmes asservis, conversion électromécanique, ... Le sujet était peut-être un peu long mais la diversité des items abordés a permis d'évaluer les candidats de manière globale.

Le fait que les 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 pu profiter de ces différents points d'entrées et ont balayé l'ensemble des parties.

Le sujet a été très peu traité dans sa globalité, mais toutes les parties ont été abordées dans les mêmes proportions. Notons que comme chaque année, quelques excellents candidats ont pu prouver leurs grandes qualités en traitant parfaitement la quasi-totalité du sujet.

Le meilleur candidat n'a pas traité les 4 dernières questions mais il a pu, avec quelques fautes, traiter toutes les autres. Mis à part la dernière question, pour toutes les autres, au moins 1% des candidats a répondu correctement. Toutes les questions étaient donc faisables.

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.

Des points supplémentaires ont été attribués aux candidats pour chaque partie correctement traitée.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie A – Analyse du fonctionnement du système

Cette première partie du sujet était l'occasion d'évaluer les candidats d'un point de vue comportement des systèmes à événements discrets, analyse fonctionnelle et schéma pneumatique.

Q1- Question difficile pour beaucoup. Un tiers des candidats n'a pas réussi ou abordé cette question, 15 % des élèves ont réussi complètement cette question.

Q2- 20% des candidats ont réussi pleinement cette question. 75% n'ont pas réussi ou abordé cette question.

Q3- 7% des candidats ont réussi pleinement cette question.

La lecture d'un diagramme d'états simple en vue de remplir un chronogramme n'est pas simple pour beaucoup de candidats, mais un certain nombre ont été capables de lire de manière rigoureuse un diagramme d'états plus complexe pour répondre aux questions 2 et 3.

Q4- La moitié des candidats a réussi cette question et un quart a obtenu la moitié des points.

Les candidats ont su identifier la nature des différents flux, ce qui est rassurant.

Q5- Un quart des candidats a réussi cette question et un autre quart a obtenu la moitié des points.

Pour beaucoup les fonctions génériques de la chaîne fonctionnelle sont inconnues ou se limitent aux fonctions transmettre et convertir.

Q6- Trop peu de candidats ont réussi pleinement cette question.

L'information liée à l'identification des distributeurs pneumatiques étaient peut-être difficile à trouver dans le sujet mais il semble que beaucoup de candidats n'ont pas compris ce que signifie x/y dans la désignation des distributeurs.

Partie B – Influence du comportement du socle sur le suivi de trajectoire

Cette partie mobilisait des connaissances liées à la résistance des matériaux. Dans l'ensemble cette partie a été bien traitée mais 10% des candidats ne l'ont pas abordée.

Q7- Cette question a été bien traitée dans l'ensemble (60% de bonnes réponses) avec quelques erreurs de signe sur les composantes du torseur des efforts de cohésion.

Q8- Question bien traitée par une majorité des candidats. Quelques soucis par rapport aux valeurs numériques.

Q9- Question bien traitée par une majorité des candidats. Quelques soucis d'intégration pour obtenir l'équation de la déformée (mauvaise variable d'intégration, le moment fléchissant est abordé comme une constante).

Q10- Application numérique qui ne pouvait s'effectuer qu'avec la relation déterminée à la question précédente. Certains candidats oublient de conclure en justifiant (seulement $v < v_{\max}$).

Partie C – Elaboration d'un modèle de comportement dynamique lors du suivi de trajectoire

Cette partie mobilisait de connaissances liées à la statique, la cinématique, la cinétique, la dynamique et la modélisation du comportement d'un système asservi.

Q11- Question bien traitée dans l'ensemble mais beaucoup d'erreurs de projection et de trigonométrie.

- Q12-** Question bien traitée dans l'ensemble. Beaucoup de candidats écrivent l'équation vectorielle de fermeture géométrique. Parmi eux, certains font des erreurs de projection et d'autres ne savent pas exploiter les deux équations issues de la projection vectorielle pour obtenir les relations demandées.
- Q13-** Encore des problèmes de projection mais question pas mal traitée dans l'ensemble. Ce que ne laissait pas présager les corrections des années précédentes.
- Q14-** Même remarque (60% de bonnes réponses).
- Q15-** Pas trop de problème au niveau de la lecture graphique mais des soucis au niveau de l'interprétation pour conclure sur l'action frein ou moteur du motoréducteur.
- Q16-** Un tiers des candidats a réussi cette question. Pour le reste, mélange des produits et des moments, oubli du carré à la distance, oubli de la masse, ... Huygens a été souvent cité.
- Q17-** Environ 40% des candidats ont bien traité cette question et 7% ont trouvé une des expressions. Parfois certains résultats ne sont pas homogènes à une distance.
- Q18-** On peut regretter que 50% des candidats n'aient pas du tout su faire cette question de cinématique. 25% ont trouvé un des vecteurs vitesses, et 25% ont trouvé les deux. Certains vecteurs étaient parfois perpendiculaires au plan d'étude et d'autres égaux à des scalaires.
- Q19-** Question plutôt bien traitée par rapport à ce que pouvait laisser présager les corrections des années précédentes. Ceci étant, 40% des candidats est parti de la bonne relation et parmi eux un tiers est arrivé au bout. Certains ont fait comme si B était « fixe » et beaucoup ont pris la vitesse du point G4 au lieu du point B dans la relation du moment cinétique. Encore une fois, beaucoup se perdent dans les outils mathématiques (produit vectoriel, changement de base, projection, ...).
- Q20-** Question dépendante des questions précédentes. Très peu de candidats sont arrivés au bout mais question plutôt bien traitée par rapport à ce que pouvait laisser présager les corrections des années précédentes. Beaucoup de candidats ne mentionnent pas de base pour la dérivation vectorielle.
- Q21-** 60% des candidats ayant traité cette question ont oublié le moment de l'action de la pesanteur sur l'ensemble isolé.
- Q22-** 1/4 des candidats a réussi cette question. Beaucoup n'ont pas vu que le point A était « fixe » et s'embourbent dans des expressions mathématiques complexes.
- Q23-** Beaucoup répondent qu'il faut appliquer le TMD en projection sur y_0 , mais ne précisent pas ce qu'il faut isoler et en quel point. Trop peu de candidats ont vu qu'il fallait isoler l'ensemble $\{2 + 4\}$.
- Q24-** Cette question ne présentait pas de difficultés majeures. Cependant beaucoup de candidats ne l'ont pas traitée en sautant la partie C. Un peu moins d'un tiers des candidats a réussi pleinement cette question.

Partie D – Recherche d'une correction adaptée

Cette partie portait sur l'amélioration des performances d'un système asservi.

- Q25-** 30% des candidats ont réussi cette question. Certains n'ont pas identifié le sommateur dans la boucle interne. Beaucoup se perdent en arithmétique.
- Q26-** Beaucoup parlent de pôles à partie réelle négative ou strictement négative mais ont oublié de discuter de la valeur de K_p . Certains parlent de précision et non de stabilité !
- Q27-** Seulement une petite moitié de candidats a réussi cette question qui présentait peu de difficultés.
- Q28-** Trop peu de candidats qui ont répondu à la question précédente, ont su répondre à cette question. Cette question étant guidée, elle ne présentait pas de réelle difficulté. La notion de compensation d'un pôle est-elle connue ?
- Q29-** Cette question qui ne présentait pas de réelles difficultés a été une des moins bien réussies ! Les candidats ont été perturbés par la boucle de vitesse et n'ont pas su ou pu appliquer les relations classiques de détermination de fonction de transfert à partir de la lecture d'un schéma bloc.
- Q30-** Question très bien traitée par 68% des candidats et qui n'était qu'une question de détermination de fonction de transfert à partir de la lecture d'un schéma bloc.

Q31- Sur la petite moitié de candidats qui ont répondu à la question, 60% ont trouvé la bonne valeur de K_p répondant à l'exigence de rapidité, mais beaucoup oublient de conclure sur les autres exigences.

Partie E – Etude de la mise en place des rampes de ventouses par le préhenseur

Q32- Question bien traitée. Beaucoup de candidats exploitent l'aire sous la courbe.

Q33- Beaucoup oublient le rapport de réduction (parfois utilisé en rapport de multiplication), utilisent le diamètre plutôt que le rayon, et ne font pas la conversion des tr/min en rad/s.

Q34- Question traitée par 23% des candidats, qui semble avoir été mal perçue notamment au niveau du profil en triangle.

Q35- Question source de beaucoup d'erreurs : oubli du rapport de réduction, de son carré, utilisé parfois en rapport de multiplication ; oubli de diviser par deux le diamètre pour avoir le rayon ; oubli des masses, du nombre de bouteilles, du nombre de crémaillères ; non identification du J_{red} comme étant l'inertie du réducteur ramenée sur l'axe moteur ; ...

Q36- Beaucoup d'erreur de calcul. La conclusion est oubliée.

Q37- Trop peu de candidats ont traité correctement cette question (4%) qui fait appel à des principes physiques d'électricité. La réponse était tracée et certains candidats s'en sont servi sans donner la justification aux niveaux de l'état des diodes.

Q38- A partir de la courbe de tension redressée donnée dans le document réponse, des candidats ont pu donner une réponse correcte à la question. Les candidats qui ont essayé de retrouver le résultat par le calcul n'ont pas obtenu le bon résultat.

Q39- 1/3 des candidats a donné la bonne réponse à la question. Cependant, la moitié d'entre eux n'ont pas donné de justification valable.

Q40- Question simple mais placée en fin de sujet : 2% des candidats ont donné une bonne réponse.

Q41- 1/4 de candidats a donné la bonne relation.

Q42- Beaucoup des diagrammes de Fresnel présentés étaient mal orientés par rapport au repère. Souvent, un des vecteurs n'avait pas la bonne orientation vis-à-vis des autres vecteurs.

Q43- Quelques candidats ont su exploiter correctement la courbe après avoir calculer le bon couple de frottement.

Q44- 8 candidats ont correctement répondu à cette question et 1% des candidats a donné la bonne expression analytique de V_u . C'est la question la plus mal traitée.

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 20 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.