

Option

Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Présentation du sujet

Le support de l'épreuve de S2I de la filière MP session 2021 est un système de stationnement automatique de véhicule de tourisme.

L'étude proposée a pour objectif de définir et de valider les conditions et les modèles à implanter dans un algorithme de stationnement automatique afin qu'une manœuvre d'insertion de type créneau dans une place de stationnement soit réussie.

Analyse globale des résultats

Le sujet est conforme dans sa taille puisque la plupart des candidats a abordé toutes les questions.

Les candidats préparés à une approche globale d'un problème ont produit des copies remarquables et ont su s'approprier les nombreuses informations fournies dans le texte. Par sa structure progressive, la démarche proposée a permis à la grande majorité des candidats de s'impliquer dans la résolution du problème proposé et à un grand nombre de proposer une conclusion remarquablement argumentée. À l'opposé, les candidats qui ont parcouru le sujet à la recherche de points faciles ont échoué, car il était indispensable de s'approprier la problématique de l'étude pour pouvoir progresser.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Comme chaque année, le jury tient à rappeler, avec la plus grande insistance, que les réponses fournies ne peuvent se limiter à de simples affirmations. Les réponses sans argumentation ne sont pas prises en compte, quand bien même elles seraient correctes. Par la suite, ce rapport précise les attendus du jury sur cet aspect.

Dans la rédaction d'une réponse, la démarche retenue doit apparaître de façon explicite et ordonnée. Les hypothèses simplificatrices doivent être clairement indiquées et justifiées. Les points clés du développement doivent être mis en évidence. Les réponses littérales doivent apparaître sous une forme simplifiée et être exprimées en fonction des paramètres explicitement précisés dans la question quand c'est le cas et en fonction uniquement des paramètres du texte dans le cas contraire. Les applications numériques doivent être posées. Les unités des différentes grandeurs exprimées numériquement doivent être systématiquement indiquées en se limitant aux unités de base et aux unités dérivées du Système International. Toute réponse sans unité ou avec des unités erronées est traitée comme fausse.

Trop de candidats trouvent des valeurs numériques sans se demander si elles sont cohérentes avec le système étudié, additionnent, voire comparent deux grandeurs d'unités différentes, ce qui conduit certains à valider des valeurs totalement aberrantes vis-à-vis de la fonction du système.

Le jury souhaite que les réponses soient présentées dans l'ordre sur la copie, même si elles ont été abordées dans un ordre différent, que les numéros des questions soient indiqués, que les réponses aux questions

soient mises en évidence et que les développements amenant à ces réponses soient rédigés de manière lisible et compréhensible.

Partie II

Cette partie a pour objectif de vérifier la capacité des candidats à s'approprier une problématique industrielle, à l'analyser et à manipuler des modèles à l'aide d'outils mathématiques simples comme la géométrie vectorielle, dans le but de vérifier les niveaux des critères du cahier des charges ou du diagramme des exigences.

Les 11 questions de cette partie ne présentent pas de difficultés particulières et ont d'ailleurs été très bien réussies par la majorité des candidats. Toutefois, le jury constate un manque de rigueur mathématique et un manque de bon sens physique.

Pour **Q3**, la principale erreur des candidats a été d'oublier le trajet aller et retour du signal. Certains ne se sont pas souciés de l'homogénéité de la relation « vitesse = distance/durée ».

Q5 a été abordée de manière intuitive par un très grand nombre de candidats, ce qui leur a permis de trouver facilement x_p mais rarement y_p . Une fermeture vectorielle puis deux projections permettaient de déterminer aisément x_p et y_p .

À **Q7**, comme à la question 5, beaucoup de candidats n'écrivent pas une relation vectorielle, préférant une démarche intuitive conduisant trop souvent à des résultats erronés. Il est fortement conseillé de faire une figure de calcul, appelée aussi figure de changement de base par rotation plane, en choisissant une valeur angulaire positive et inférieure à $\pi/2$ pour représenter la variable angulaire. Cette représentation permet d'effectuer facilement les calculs vectoriels sans erreur de signe. Ici, cette figure était à l'initiative du candidat, ce qui a été trop rarement fait.

Q8 attendait une réponse argumentée. L'argumentation se conduit en trois points. Toute réponse doit être étayée par les valeurs des grandeurs mesurées qui doivent être comparées avec les niveaux des critères du cahier des charges, ou du diagramme des exigences, avant de conclure clairement sur la validation du besoin. Une simple affirmation, ou une argumentation non étayée avec les trois points décrits précédemment, ne peut être considérée comme juste.

La majorité des candidats a répondu correctement au calcul de la vitesse de **Q9**. Les principales erreurs proviennent d'une méconnaissance de la dérivation vectorielle. Et là encore, l'expression de la vitesse est trop souvent non homogène.

L'expression demandée en **Q10** a été correctement déterminée par la majorité des candidats. Par manque de rigueur, le signe de l'expression était parfois erroné.

Seule une bonne compréhension de la nature de la trajectoire et de la manière de l'obtenir, étudiées à travers les questions précédentes, permettait de répondre correctement à **Q11**. Un grand nombre de candidats a proposé une loi de consigne correcte avec parfois une erreur de signe. Pour répondre, il fallait bien comprendre que la loi demandée était la consigne, à ne pas confondre avec le comportement réel qui risque fort de ne pas suivre exactement cette consigne. C'est cette confusion qui a conduit certains à donner une loi erronée.

Partie III

L'objectif de cette partie est de concevoir un modèle de la commande de direction et de valider les performances de l'asservissement. **Q12**, relative à la description en chaîne d'énergie et chaîne d'information, a été peu traitée et le concept n'est pas acquis pour une grande majorité des candidats. Cela relève d'un manque de bon sens voire de préparation. Comment comprendre les systèmes modernes complexes sans distinguer les flux informationnels des flux d'énergie ?

En **Q15**, l'inventaire des puissances a mis les candidats en difficulté. L'expression n'a été que rarement exprimée correctement et la différenciation entre puissances extérieures et intérieures rarement explicitée. Notamment l'analyse de la pesanteur a été souvent oubliée et peu de candidats ont rappelé que l'action de pesanteur ne travaille pas car le système évolue dans un plan perpendiculaire à la verticale. Le jury tient à rappeler que la nullité de certaines puissances doit être justifiée. Ce n'est pas parce qu'elles sont nulles qu'elles ne doivent pas apparaître dans l'inventaire. On citera par exemple, dans le contexte de cette étude, la puissance des actions de liaisons entre solides internes au système étudié. La relation (III.1) donnée dans le sujet comportait une erreur. Mais cette relation était donnée pour information et n'était pas à utiliser dans le développement demandé. Toutefois, certains candidats auraient pu l'utiliser pour s'autocorriger. Certains l'ont fait et ont remarqué l'erreur du sujet, d'autres ont modifié leur expression de la puissance développée par le moteur pour qu'elle corresponde à la relation (III.1) donnée. Toutes les expressions cohérentes avec les données du texte ou avec la relation (III.1) donnée ont été acceptées.

Ici encore, la méconnaissance de la dérivation vectorielle a conduit certains à donner une expression erronée de la vitesse demandée en **Q16**. Beaucoup de candidats semblent ne pas maîtriser les notations, voire le concept de point attaché à un solide, utilisé en cinématique des systèmes de solides indéformables. Les argumentations erronées employées pour justifier l'égalité des deux vitesses en est une illustration.

Pour répondre aux questions **Q19** à **Q22**, il fallait exploiter les courbes données. L'identification de constantes numériques à partir de courbes semble poser des difficultés à certains candidats. Cette identification doit s'appuyer sur des tracés réalisés avec soin.

Pour rédiger les réponses à **Q24**, il est rappelé que les fonctions de transfert doivent être exprimées sous forme canonique et que l'identification de ses paramètres est un classique qui doit être maîtrisé.

Pour les questions **Q25** et **Q26**, il fallait s'attacher à répondre exactement à la question posée. En **Q25**, il fallait s'appuyer uniquement sur l'étude analytique et en **Q26** il fallait s'appuyer uniquement sur la courbe de la figure 29. Les réponses hors sujet n'ont pas été prises en compte.

Partie IV

L'exploitation d'un tracé ou la rédaction d'une réponse argumentée ont été commentées précédemment.

En **Q30**, il fallait faire un choix entre deux correcteurs. Il fallait justifier pourquoi le correcteur PI convenait mais aussi justifier pourquoi le correcteur I ne convenait pas. Beaucoup de candidats ont donné une réponse incomplète.

Partie V - Conclusion

Cette dernière partie a pour objectif de valider la manœuvre d'insertion étudiée.

En **Q31**, la principale erreur rencontrée concernait l'argumentation sur la stabilité. Les candidats devaient conclure au regard du critère de stabilité défini dans le cahier des charges du tableau 2. Il est indispensable de s'attacher à répondre à la satisfaction des critères du cahier des charges avec les critères imposés sans en inventer d'autres.

Beaucoup de candidats ont abordé la question de synthèse, mais la réponse se limite dans la grande majorité des cas à de simples affirmations. Toute affirmation indiquant que « l'insertion en une seule fois n'est pas possible » se devait d'être appuyée sur des critères chiffrés et comparés aux exigences données dans le diagramme des exigences avant toute conclusion. Mais trop peu de candidats font référence à l'échelle entre le modèle RC et la voiture réelle.

Conclusion

La préparation de cette épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur ne s'improvise pas. Elle est destinée à valider des compétences transverses en s'appuyant sur des réalisations industrielles complexes qu'il faut appréhender dans leur globalité. Elle est transverse entre les champs disciplinaires enseignés en S2I mais aussi avec les autres disciplines de la filière. Cette préparation doit donc s'articuler autour de l'analyse et de la mise en œuvre de démarches de résolution rigoureuses s'appuyant sur des supports réels contextualisés.