

ÉPREUVE ÉCRITE DE SCIENCES INDUSTRIELLES

Présentation de l'épreuve

Le sujet proposé se décompose en 4 parties permettant l'étude de trois fonctions techniques différentes.

Une première partie sans questions présente le fonctionnement du portique à conteneurs dans son environnement.

La seconde partie débute par l'étude cinématique du mouflage afin de concevoir la liaison pivot entre la poulie et le spreader.

La troisième partie invite à choisir le moteur après une étude dynamique de l'ensemble spreader + conteneur à la montée. Cette étude dynamique se poursuit par une analyse de la descente du spreader seule qui permet de choisir le variateur associé au moteur. Cette troisième partie se termine par la mesure de la pollution spectrale émise par le variateur sur le réseau.

La dernière partie permet d'étudier le freinage mécanique afin d'écartier le risque de matage des plaquettes de frein. La chaîne de mesure de l'effort dans une biellette à l'aide de jauge de déformations termine le sujet.

Remarques générales

La majorité des candidats a abordé toutes les parties proposées. La compétence « mécatronique » attendue par les candidats a satisfait les correcteurs.

La longueur et la difficulté du sujet sont en bonne adéquation avec la durée de l'épreuve. Certains candidats ont été capables de traiter toutes les questions.

La compréhension des questions est dans l'ensemble satisfaisante. La rigueur des réponses et l'homogénéité des résultats numériques laissent trop souvent à désirer. Une réflexion critique sur la valeur numérique calculée est appréciée par les correcteurs, surtout quand cette valeur numérique est aberrante. L'écriture de l'expression littérale avant le calcul est souhaitée.

La maîtrise de la dynamique énergétique pose des problèmes à de nombreux candidats. L'importance du signe de la puissance calculée est souvent inconnue. La prise en compte du rendement dans le théorème de l'énergie cinétique donne lieu à des expressions incohérentes du couple moteur. Trouver un couple moteur qui diminue lorsque le rendement diminue ne perturbe pas les étudiants. Se tromper est compréhensible, mais ne pas avoir un regard critique quant à son résultat est problématique pour de futurs ingénieurs.

Lorsque le sujet demande l'expression d'un vecteur, d'une norme ou d'une valeur algébrique, les correcteurs attribuent la totalité des points si le candidat écrit un vecteur, une norme ou une valeur algébrique. La maîtrise d'un outil mathématique est un pré-requis indispensable pour mener à bien les calculs utiles à l'étude des fonctions techniques proposées. Ce manque de rigueur est trop souvent la cause de points perdus.

Remarques détaillées

Q1 et Q2. L'énoncé demandait de suivre le raisonnement proposé pour arriver à la réponse attendue, soit l'expression de V_S . La relation cinématique de non glissement du câble sur la poulie n'est que rarement citée, ce qui entraîne de laborieuses explications, pour un résultat final incorrect. Pour attribuer la totalité des points, les correcteurs attendent du candidat les différentes réponses aux différentes sous-questions. Les notations utilisées par les étudiants ne sont pas toujours rigoureusement en accord avec celles posées dans le sujet (confusion entre V_S et V_c , entre ω_m et ω_p). Il y a des erreurs fréquentes sur le rapport de transmission. Il faut faire attention aux données de l'énoncé (si supérieur ou inférieur à 1).

Q3. La nature des tolérances est bien acquise. La justification de ces ajustements, basée sur la direction de la charge fixe ou mobile par rapport à l'une ou l'autre des bagues n'est, par contre, que très peu citée.

Q4. Cette question a été plus traitée que l'an dernier, mais trop de candidats semblent effrayés par la conception. La lecture d'un dessin technique présentant une $\frac{1}{2}$ vue en $\frac{1}{2}$ coupe pose problème. Bien visualiser l'axe de rotation de la poulie est un préalable indispensable pour proposer une conception correcte. Les correcteurs n'attendent pas une conception industrielle parfaite et les candidats qui ont traité cette question ont été rétribués généreusement. Le placement des tolérances, comme demandé dans le sujet, rapportait un quart de la totalité des points et cela quelle que soit la fonctionnalité effective de la solution finale.

Q5. L'étude d'une des deux chaînes de puissance impliquait l'isolement d'un demi-ensemble {spreader + conteneur}. Le facteur 2 qui en découlait a été régulièrement oublié. La montée de l'ensemble impliquait que la puissance développée par la pesanteur était négative. Le signe de la puissance est d'une importance capitale dans l'étude énergétique du système durant la phase de montée. L'expression de la puissance développée par le stator sur le rotor est bien acquise. La prise en compte du rendement dans l'expression de la puissance intérieure perdue pose problème à deux tiers des candidats.

Q6. La détermination du couple moteur à l'aide du théorème de l'énergie cinétique est juste dès lors que le candidat lit attentivement l'énoncé pour calculer l'énergie cinétique. Les correcteurs valorisent la méthode dans ce type de question où le résultat final dépend de l'expression des puissances trouvées à la question Q5.

Q7. L'application numérique est juste, dès lors que l'expression littérale du couple moteur est correcte.

Q8. Les candidats précisent bien que la puissance est maximale parce que la charge accélère en montée, certes, mais ils oublient de préciser qu'à l'instant t_1 , la vitesse angulaire de la charge est maximale.

Q9. Bien traitée.

Q10. Les candidats n'approfondissent pas suffisamment leurs réponses, trop peu ont mentionné l'excitation séparée.

Q11. Beaucoup de confusion et de mélange sur l'identification de l'alimentation. Pour ceux qui ont trouvé le triphasé, la valeur efficace de la tension est fournie par habitude à 400 V.

Q12. Question globalement bien comprise. L'exploitation des valeurs comme bornes supérieures ou inférieures reste une difficulté majeure pour trouver la référence du moteur.

Q13. Pas de difficultés. Notons, tout de même, que quelques candidats mélangent les modèles temporels et complexes.

Q14. La majorité des réponses présentent un raisonnement cohérent. Malgré tout, trop de conclusions finissent par le convertisseur quatre quadrants.

Q15. Le schéma proposé invitait le candidat à travailler avec un couple résistant algébrique, donc noté + Cr dans le théorème du moment dynamique. Il est regrettable que la notion de variable algébrique soit si peu maîtrisée par les candidats.

La démonstration de l'égalité des efforts de chaque côté de la poulie ne s'appuie que très rarement sur les hypothèses de l'énoncé (masse et inertie négligées).

L'énoncé demandait l'expression vectorielle $\vec{M}_0(\text{câble} \rightarrow \text{tambour})$. Trop d'étudiants mélangent allègrement vecteur et scalaire, norme et valeur algébrique.

Poser l'expression du rendement d'un réducteur comme rapport de la puissance de sortie sur la puissance d'entrée a été très peu réussi.

Ce manque de rigueur amène peu de candidats à une expression algébrique correcte du couple moteur dans la phase étudiée. L'obtention du signe négatif pour le couple moteur est fondamentale pour conclure correctement.

Q16. Le résultat est presque toujours donné brut sans justification des critères de choix.

Q17. Les correcteurs ont été surpris par le manque de connaissances pratiques sur la décomposition en série de Fourier. La plupart des candidats ne maîtrisent pas la notion de rang. Les raies existantes ont des rangs consécutifs. D'autre part, malgré un questionnement très précis, beaucoup d'étudiants n'ont pas mis à l'échelle du moteur les valeurs du courant. Enfin, des futurs ingénieurs se doivent d'être critique lorsqu'ils calculent un couple de 9 000 Nm alors qu'ils trouvent un courant ne dépassant pas 2 A.

Q18. Les correcteurs auraient souhaité de la part des candidats qu'ils mentionnent une valeur moyenne nulle. La question ne l'exigeant pas, ce point n'a pas eu d'influence sur la correction.

Q19. Les principales erreurs constatées portent sur la méconnaissance de la décomposition en série de Fourier.

Q20. Le calcul et l'analyse n'ont pas posé de difficulté. Les solutions apportées pour éviter la pollution du réseau par le variateur sont intéressantes.

Q21. Cette question très facile n'est malheureusement pas toujours traitée.

Q22. Les lois de Coulomb sont peu citées. La détermination hâtive de l'effort tangentiel et de l'effort normal entraîne parfois une expression fautive, préjudiciable pour la suite. Beaucoup de candidats n'ont pas vu qu'il y avait deux plaquettes dans ce frein, ce qui est le cas de quasi tous les freins à plaquettes.

Q23. L'expression de la pression en fonction de l'effort presseur et de la surface de frottement est trop souvent fautive. Les correcteurs invitent les candidats à toujours utiliser les unités SI dans leurs applications numériques. L'écriture du détail des calculs permet de cerner où se situe l'erreur et ainsi d'attribuer quelques points, même en cas de résultat faux.

Q24. La variation de dR est trop souvent donnée sans unité.

Q25. Bien traitée.

Q26. Deux raisonnements sont apparus :

- avec le théorème de Millman. Les simplifications sont parfois incomplètes.
- avec le théorème de Thévenin. Les expressions de V_1 et V_2 sont trop souvent référencées par rapport à $-V_{cc}$. Or dans l'énoncé, elles sont fléchées par rapport à 0 V.

Q27. Des candidats n'ont pas interprété le mot calcul comme un résultat numérique attendu.

Q28. Le manque d'analyse des résultats numériques est étonnant. Un pont de Wheatstone alimenté en $V_{cc} = 10$ V ne peut être le siège de tension de plusieurs milliers de Volts.

Q29. Ce raisonnement classique est souvent mal expliqué par les candidats.

Q30. Une démonstration basée sur la comparaison de l'impédance équivalente du pont à celle d'entrée était attendue. Les réponses manquent en général de rigueur.

Q31. Le théorème de Millman est bien traduit et exploité par les candidats qui ont abordé cette question. Certains candidats n'ont pas respecté la consigne en effectuant les simplifications dès les premiers calculs et n'ont donc pas présenté la forme littérale complète.

Q32. Le nom de ce montage basique est peu connu et se résume souvent uniquement à l'aspect amplificateur. L'application numérique ne pose pas de problème majeur.

Q33. Très peu de réponses à cette question qui nécessite une analyse de trois graphiques puis une synthèse des informations recueillies. Quelques candidats sont allés jusqu'à une modélisation mathématique pour trouver les influences des potentiomètres. Les correcteurs n'en attendaient pas autant.

Q34. Cette question repose sur l'utilisation de documents : une moitié des candidats ne l'a pas abordée.

Q35. L'exploitation des documents pour compléter le schéma ne pose pas de difficultés particulières. Néanmoins, le taux de réponse reste assez faible.