

1/ PRESENTATION DU SUJET

Le support du sujet est une turbine à gaz utilisée sur des sites isolés ou sert à pallier aux intermittences des énergies renouvelables (solaire ou éolien).

Les problématiques abordées concernent notamment :

- les dimensionnements mécaniques :
 - la résistance des aubes des roues de turbine à la pression exercée par les gaz de combustion ;
 - la validation des roulements à billes permettant la rotation de l'arbre.
- la validation du moteur de démarrage ;
- la régulation de la tension en sortie d'alternateur ;
- l'équilibrage et les vibrations engendrées par l'arbre moteur.

Le sujet s'articule autour de quatre parties indépendantes :

Modélisation des actions mécaniques sur une aube de la turbine

Les objectifs de cette partie sont de valider l'exigence sur la résistance des aubes et de sélectionner le matériau adéquat des aubes de turbines.

Démarrage de la turbine à gaz

Les objectifs de cette partie sont de valider le moteur asynchrone, de dimensionner le filtre pour respecter les normes de compatibilité électromagnétique (CEM) et de dimensionner la batterie de secours.

Régulation de la tension en sortie du générateur

Afin de valider l'exigence de stabilité de tension, il est demandé de modéliser le générateur ainsi que l'asservissement et de choisir un correcteur pour respecter les performances attendues.

Vibrations de l'arbre

L'objectif est de valider l'exigence concernant l'amplitude de vibration.

Ce sujet est composé de 57 questions à traiter en 6 heures. La compétence « communiquer » est évaluée par le biais d'une appréciation de la présentation de la copie (orthographe, utilisation de couleurs, présentation de la copie...). Dans le but d'évaluer au mieux l'ensemble des étudiants de la filière TSI, le sujet ne comporte pas, d'après les correcteurs, de difficultés particulières.

2/ REMARQUES GÉNÉRALES

Trop de candidats ne maîtrisent pas les calculs et les raisonnements simples, ce qui les pénalise lourdement. Les correcteurs tiennent Jury à rappeler que le calcul n'est pas une fin en soi, il doit servir à valider ou invalider une solution. Aussi, un regard critique vis-à-vis des résultats numériques est attendu, ce qui est malheureusement trop peu souvent le cas.

Les aspects suivants ne semblent pas être maîtrisés :

- détermination d'une inertie équivalente ;
- rapport de réduction d'un train d'engrenages simple ;
- modélisation d'une action mécanique d'un point de vue local et global ;
- les impédances complexes ;
- l'utilisation du diagramme de Fresnel ;
- les formes canoniques des fonctions de transfert ;
- les filtres ;
- la modélisation multiphysique.

Quelques candidats continuent de traiter les questions dans le désordre. Les correcteurs rappellent que cela ne participe pas à la bonne appréciation de la copie.

À l'exception des compétences « Expérimenter » et « Réaliser », chacune des macro-compétences au programme est évaluée par ce sujet.

Au vu des résultats, toutes les questions étaient à la portée des candidats. Cependant, même si certaines copies sont de bonne qualité, une majorité de candidats ne sont pas parvenus à aborder l'intégralité du sujet.

Dans l'ensemble, les copies sont généralement propres et lisibles ce qui est un point positif à noter.

3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

Partie I

Sans questions. Présentation du système uniquement.

Partie II

Q1. La lecture du diagramme des exigences n'a posé aucun problème. Cependant, certains oublient de spécifier la vitesse de rotation.

Q2. Le BDD a été correctement rempli par la très grande majorité des candidats.

Partie III

Q3. La définition de la surface élémentaire permettant d'exprimer le modèle local de l'action mécanique due au champ de pression est mal appréhendée. Le calcul de l'intégrale, une fois la surface élémentaire bien définie, ne pose par contre que très peu de problèmes.

Q4. La localisation du point courant est également mal définie : les étudiants oublient, dans le meilleur des cas, la coordonnée suivant l'axe (O, \vec{z}) du point local. Le modèle local pour le calcul du moment est encore moins bien appréhendé. Trop de candidats n'effectuent qu'un produit vectoriel à partir de la résultante trouvée à la question précédente, ce qui amène bien souvent à des résultats incorrects.

Q5. Cette question n'a pas posé de problèmes pour la majorité des candidats qui l'ont abordée.

Q6. La justification du point où la contrainte est maximale est souvent manquante ou fautive. Le champ de contrainte dans la poutre est mal appréhendé.

Q7. La justification du meilleur compromis résistance/prix n'est pas fournie. Certains choix de matériau s'avérant assez farfelus également (bon nombre de candidats proposant des aubes en béton ou en bois...).

Q8. Les étudiants comparent la résistance élastique à la pression exercée par le gaz et non pas à la contrainte maxi dans l'aube. Quelques oublis de prise en compte du coefficient de sécurité.

Partie IV

Q9. Un tiers des candidats ne sait pas reconnaître une liaison et ne connaît pas son torseur d'action mécanique associé.

Q10. Le bilan des actions mécaniques est souvent correctement fait, les candidats qui ont traité avec méthode et rigueur cette question ont correctement répondu, puis résolu de manière correcte le système.

Q11. La question a souvent bien été traitée et avec méthode. Trop de candidats expriment le résultat sans unité.

Q12. La méthode de dimensionnement est globalement bien appliquée par les candidats qui l'ont traitée. Il était demandé de calculer la durée de vie des deux roulements, les candidats se contentent bien souvent d'un seul dimensionnement et confondent L10 et Lh ce qui ne leur permet pas de conclure.

Q13. et Q14. Les critères de montage de roulement sont très peu connus des candidats, beaucoup d'entre eux ne respectent pas le schéma d'architecture et positionnent des arrêts ne correspondant pas au montage demandé.

Q15. La question a été assez peu ou mal traitée. Les correcteurs tiennent à rappeler que la partie conception était classique et très accessible.

Partie V

Q16. Trop de candidats ne savent pas lire correctement un diagramme d'état extrêmement simple.

Q17. À partir de la bonne compréhension du diagramme d'état et de la question précédente, la réponse était rapide, les candidats partent souvent dans des calculs trop compliqués.

Q18. Trop de candidats ne savent pas faire la distinction entre un train d'engrenages simple et un train épicycloïdal amenant une complexité dans le calcul finalement erroné.

Q19. et Q20. L'expression de l'énergie cinétique est souvent erronée. La plupart des candidats effectuent la somme des énergies cinétiques des sous-systèmes mais connaissent mal l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en rotation. La vitesse de rotation est trop peu souvent mise au carré. Le rapport de réduction entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie n'est pas pris en compte dans la définition de l'inertie équivalente ramenée sur l'arbre d'entrée.

Q21. Pas trop de difficultés si ce n'est dans la conversion.

Q22. Les correcteurs regrettent l'absence de rigueur et de justification sur cette question (liaisons parfaites, expression du TEC, ...). Certains candidats semblent connaître le résultat par cœur et se contentent de donner le résultat.

Q23. et Q24. Pas de difficultés.

Q25. Un traitement assez inégalitaire de cette question pour laquelle l'interprétation d'une courbe réelle mesurée n'est pas toujours évidente en comparaison d'une courbe théorique issue d'un modèle.

Q26. La vitesse de synchronisme est confondue avec la vitesse de rotation nominale. Les valeurs aberrantes de glissement n'interpellent pas les candidats.

Q27. et Q28. Les situations pour lesquelles le glissement est égal à 0 et 1 sont confondues.

Q29. Lors de l'essai en court-circuit, peu de candidats pensent à diviser par trois la puissance (moteur triphasé). Rares sont ceux qui ont réussi à déterminer la réactance, l'utilisation des nombres complexes pose problème.

Q30. La plupart des candidats ont réussi cette question simple.

Q31. Afin de conclure si le moteur convient, trop peu de candidats ont pris en compte le couple maximum possible.

Q32. et Q33. Beaucoup de candidats ne savent pas déterminer l'énergie consommée à partir de la courbe de puissance. Certains confondent même les deux.

Q34. Au lieu d'exploiter simplement le tableau, certains candidats se sont lancés dans des calculs compliqués.

Q35. L'intérêt du filtre n'est pas toujours compris. Il y a confusion entre passe haut et passe bas. Les justifications sont rarement en lien avec la problématique du sujet (norme CEI), mais sont souvent des lieux communs.

Q36. Le diviseur de courant est peu connu. Cependant la fonction de transfert proposée est bonne dans la plupart des cas.

Q37. La forme canonique n'est pas connue. Il y a confusion entre le domaine harmonique et Laplace.

Q38. La fonction de transfert du filtre passe bas est rarement proposée. L'unité de la capacité électrique n'est pas toujours la bonne.

Q39. La question a été traitée correctement par de nombreux candidats.

Q40. La conclusion sur la validité de ce filtre a été bonne, pour la plupart des candidats.

Partie VI

Q41. La plupart des candidats n'ont pas fait attention au fait que la figure 29 donne une tension composée et ont alors oublié de diviser par racine de 3.

Q42. L'utilisation des complexes et des valeurs de l'essai en court-circuit s'est révélée problématique pour la plupart des candidats.

Q43. Les projections, en utilisant les vecteurs de Fresnel, ne sont pas maîtrisées par une majorité des candidats.

Q44. L'identification du premier ordre a été en majorité réussie, une attention plus importante doit être portée aux applications numériques.

Q45. Pourtant très simple, cette question a été correctement traitée par moins de la moitié des candidats.

Q46. La première fonction de transfert a été trouvée dans la majorité des cas, la seconde a été rarement déterminée.

Q47. Lorsque les réponses aux questions précédentes étaient justes, cette question n'a pas posé de problème.

Q48. Peu de réponses justes à cette question.

Q49. Le théorème des valeurs finales n'est pas connu.

Partie VII

Q50. La question a été assez peu traitée, la dérivation vectorielle n'est souvent pas maîtrisée.

Q51. La projection dans la base 0 a posé problème à trop de candidats.

Q52. La question a été plutôt bien traitée.

Q53. La différence entre modélisation causale et acausale n'est pas maîtrisée par la majorité des candidats

Q54. Les candidats ont fait des propositions plutôt cohérentes quant à l'intérêt d'un modèle multi-physique, néanmoins, les réponses manquaient de précision et de rigueur.

Q55. La majorité des candidats ont bien identifié que les deux modèles étaient équivalents, mais peu ont pensé à les comparer au cahier des charges.

Q56. La pulsation de résonance a bien été trouvée, mais la conversion rad/s \leftrightarrow tr/min n'est pas forcément maîtrisée.

Q57. La question n'a pas posé de problème particulier même si elle a été très peu traitée.

4/ CONCLUSION

Les conseils prodigués dans les rapports des années précédentes restent d'actualité.

Il est indispensable que les calculs littéraux soient menés à leur terme, avant de réaliser un calcul numérique. Il est évident qu'une valeur numérique fautive sans l'expression littérale permettant de réaliser le calcul, ne rapporte pas de points. Les candidats ne doivent, en aucun cas, remplacer systématiquement en début de calculs les paramètres par leur valeur numérique.

Même si le calcul n'est pas une fin en soi en Sciences Industrielles de l'Ingénieur, il convient, pour un futur ingénieur, de maîtriser les calculs élémentaires : calcul de fractions, résolution d'équations et de systèmes d'équations simples...

De la même manière, les ordres de grandeurs et l'homogénéité des relations obtenus doivent être vérifiés. De trop nombreuses relations sont incohérentes ou non homogènes avec les grandeurs recherchées. Il convient de lire les questions en entier pour ne pas oublier des morceaux de réponse.

Les correcteurs regrettent une certaine confusion dans les unités utilisées, elles doivent être choisies avec rigueur.

Les correcteurs rappellent enfin que les Sciences Industrielles de l'Ingénieur doivent être abordées dans leur globalité et que le questionnement peut fluctuer en fonction du support d'étude.