



CONCOURS COMMUN INP

RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE 2023 DE MODÉLISATION ET INGÉNIERIE NUMÉRIQUE

1/ REMARQUES GÉNÉRALES

L'objectif de cette épreuve est de mettre les candidats en situation de modélisation. Le candidat doit mobiliser ses connaissances de Mathématiques, de Sciences Physiques, de Sciences de l'Ingénieur et d'Informatique afin d'élaborer et de s'approprier un modèle, de le confronter à des mesures et de répondre à une problématique. Le candidat se retrouve dans une démarche similaire au TIPE puisqu'il va devoir utiliser des manipulations et des simulations contextualisées et multidisciplinaires pour résoudre son problème.

L'épreuve de cette année porte sur la modélisation d'une pompe à membrane à assistance cardiaque LVAD. Le sujet comporte des questions relevant des programmes de Mathématiques, de Sciences Physiques, de Sciences de l'ingénieur et d'Informatique.

Il comporte trois parties indépendantes, avec pour objectifs respectifs :

I. L'étude d'un modèle thermodynamique simple d'un cœur présentant une déficience.

II. L'étude mécanique du modèle de l'actionneur de la pompe LVAD pour déterminer l'effort exercé par la membrane sur le sang et le courant électrique associé à cet effort.

III. L'étude du modèle électromécanique de la pompe et l'influence de son asservissement sur les performances lors du changement de point de fonctionnement de la pompe pour suivre le cœur.

Un gros effort sur la forme est constaté, la plupart des copies sont correctement présentées avec moins de ratures et mieux écrites que l'année passée.

Cependant quelques copies demeurent illisibles. Il est conseillé d'utiliser un stylo à pointe épaisse pour rendre lisible la copie après scan et de grossir l'écriture dans la mesure du possible.

Pour les mêmes raisons, les correcteurs souhaitent avoir les résultats encadrés et non surlignés. Pour les questions qualitatives, il est recommandé de mettre en évidence les mots clés.

Les correcteurs recommandent également de ne pas mélanger les réponses aux différentes parties en raison de la dématérialisation des copies.

Beaucoup de points ont été perdus pour les raisons suivantes :

- des justifications explicitement demandées ne sont pas fournies, notamment lors des questions sur la validation des parties de cahier des charges (« le cahier des charges est validé » ne suffit pas, mais quelques lignes d'explications suffisent ;

- beaucoup d'applications numériques « très simples » (sans fractions) ont été mal réalisées. On rappelle qu'elles comptent en général entre la moitié et le tiers des questions concernées. Les résultats finaux ne doivent pas être exprimés sous forme de fractions ;
- des unités aberrantes ont été proposées pour des grandeurs de type travail, énergie, puissance... On rappelle que l'unité est un indicateur de la bonne compréhension du candidat sur ce qu'il manipule ;
- lecture de l'abscisse d'un diagramme logarithmique : beaucoup d'erreurs pour lire les fréquences de cassures d'asymptotes dans le cas de ce sujet (Q18) ;
- définition de la puissance électrique à l'aide de la tension et intensité **efficaces** en régime sinusoïdal, et non maximales.

Nous conseillons aux candidats de traiter les parties dans l'ordre. Le sujet est conçu sur une problématique commune et les parties ne sont pas tout à fait indépendantes. Traiter les parties en commençant par les disciplines dans lesquelles le candidat est le plus à l'aise n'est pas ici une bonne stratégie car cela nuit à la compréhension du système étudié et de la logique du sujet. Dans l'ensemble, la plupart des questions du sujet ont été abordées.

2/ ANALYSE DÉTAILLÉE DES QUESTIONS

Partie I - Modélisation du cœur, un organe indispensable et parfois défaillant

Q1. Une réponse succincte donnant le rôle du cœur était attendue. Le caractère reçu ou fourni du travail par le système (à préciser) n'est pas mentionné dans beaucoup de copies.

Q2. R.A.S.

Q3. Beaucoup d'erreurs sur l'application numérique.

Q4. Beaucoup d'erreurs sur l'application numérique. Comme l'indique l'énoncé, il y a deux ventricules.

Q5. Beaucoup d'erreurs sur l'application numérique.

Q6. Beaucoup d'erreurs sur l'application numérique. Le mot « naturelle » n'a pas été compris par un trop grand nombre de candidats.

Q7. Beaucoup d'erreurs sur l'application numérique.

Partie II - Dimensionnement de l'actionneur

Q8. R.A.S.

Q9. Beaucoup d'erreurs pour le calcul du débit moyen, calculé sans prendre en compte la pondération temporelle de chaque cycle systole-diastole.

Q10. R.A.S.

Q11. Peu de candidats ont pensé à faire une moyenne sur plusieurs relevés.

Q12. Résultats analytiques très souvent corrects, mais beaucoup d'erreurs d'AN.

Q13. Peu de bons calculs du ratio car mauvaise définition du rendement.

Q14. Beaucoup d'erreurs de signe sur l'expression de la force de rappel du ressort.

Q15. Quelques coefficients négatifs.

- Q16. Peu de bilan des forces rigoureux ou de justification de la suppression de force de gravité.
- Q17. Presqu'aucun candidat n'a levé les problèmes de domaine de définition de la fonction arctan pour la phase. Attention à la définition du gain en dB.
- Q18. Beaucoup d'erreurs sur la lecture des fréquences de cassures.
- Q19. Justifications souvent trop succinctes, voire inexistantes.
- Q20. L'approximation d'un gain dB constant dans la bande passante à -3 dB est rarement faite, ce qui complique les calculs et multiplie les erreurs d'AN.

II.4 Dimensionnement du courant nécessaire en pic de puissance

- Q21. Un trop grand nombre de candidats ne maîtrisent pas l'expression des volumes élémentaires.
- Q22. De même qu'à la question précédente, la géométrie élémentaire pose des problèmes à un trop grand nombre de candidats.
- Q23. Beaucoup d'erreurs de calcul sur cette question et les suivantes.
- Q24. Bien réussie par les candidats qui avaient fait la Q23.
- Q25. R.A.S.
- Q26. R.A.S.
- Q27. Les candidats sont invités à respecter le type des variables introduites par l'énoncé.
- Q28. R.A.S
- Q29. Les candidats sont invités à justifier leur réponse. En particulier la valeur lue sur un document doit être clairement indiquée.
- Q30. Idem Q30

Partie III - Fonction pulsatile : régime transitoire entre deux points de fonctionnement

- Q31. Globalement bien réussie mais attention aux conventions générateur/récepteur.
- Q32. La loi de Lenz Faraday n'est pas toujours donnée.
- Q33. Quelques erreurs de signes : un '-' au dénominateur d'une fonction transfert doit alerter.
- Q34. R.A.S.
- Q35. Étonnamment peu traitée/peu réussie.
- Q36. La justification « pôles de même signe » non suffisante (sauf si critère de Descartes mentionné). Ils doivent être à parties réelles négatives.
- Q37. Le dessin et le résultat étant donnés dans l'énoncé, l'explication mentionnant la tangente doit être suffisamment fournie.
- Q38. Peu d'algorithmes corrects : beaucoup de confusions pour le sens de l'inégalité pour la boucle while, sans doute à cause de l'énoncé qui donne la condition de sortie. Peu d'usage de « append » (mais $u(n+1)$), peu de définition des pôles.
- Q39. Beaucoup d'erreurs de passage pulsation/fréquence et de forme canonique. Oubli fréquent du facteur 2π ou signes '-'.

Q40. Confusion avec la réactivité, précision du système, fréquence de fonctionnement, rapidité, stabilité. Peu de justifications sur les performances correctes (accepté « amortissement, atténuation » de l'amplitude).

Q41. Question très peu traitée. 1 point accordé si comportement intégrateur/approximation comme une droite.

Q42. R.A.S.

Q43. Le résultat étant donné, l'équation de limite du théorème de la valeur finale doit être explicitement donné, sans erreur.

Q44. Les applications numériques doivent être complètes, ne pas laisser de fractions dans le résultat final.

Q47. R.A.S.

Q49. R.A.S.

Q50. Peu d'analyses de l'effet de la rétroaction.

Q51. Quasiment aucun candidat ne pense à utiliser les valeurs efficaces pour U et I, ce qui fausse l'application numérique (coefficient $\frac{1}{2}$). L'hypothèse du déphasage égal à 1 n'est quasiment jamais explicitée. Cependant, les analyses permettant de conclure sont souvent cohérentes.

3/ CONCLUSION

Les correcteurs remarquent la qualité et la lisibilité des copies pour cette session, qu'il faudra préserver pour les sessions à venir.

La partie sur l'électromagnétisme a globalement été peu traitée, alors qu'elle a été plutôt bien réussie par ceux qui s'y sont attelés.

Les questions d'informatique ont de même été assez négligées, alors qu'elles représentaient ici 10% de la note de l'épreuve. Les correcteurs conseillent aux candidats de passer plus de temps sur ces questions, qui sont rarement exotiques et généralement généreusement notées.

Enfin, les applications numériques doivent être elles aussi traitées avec plus de soin. Attention notamment à ne pas laisser de fractions dans le résultat final, et à vérifier les unités obtenues.