



PSI

CONCOURS COMMUN INP
RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE DE
MODÉLISATION ET INGÉNIERIE NUMÉRIQUE

1/ CONSIGNES GÉNÉRALES

L'idée 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 / 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 répondre à son problème.

Le sujet de cette année portait sur des solutions de réduction de masse d'un drone de prise de vue. Il comportait quatre parties indépendantes, avec pour objectifs respectifs :

- I. de faire le lien entre la masse du drone et son autonomie ;
- II. d'étudier une solution d'isolement des sources de vibration et de la caméra embarquée permettant ainsi d'éviter l'utilisation d'une nacelle motorisée ;
- III. d'estimer la capacité massique d'une batterie LiPo et d'explorer des pistes d'allègement ;
- IV. d'étudier la possibilité de remplacer la batterie par un système de transmission de puissance sans fil.

2/ REMARQUES GÉNÉRALES

Les copies étaient, dans l'ensemble, bien présentées. Les numéros des questions apparaissaient clairement, les résultats importants étaient encadrés ou mis en valeur. Les applications numériques étaient soignées, les chiffres significatifs étaient globalement bien traités et les unités correctes.

Les questions ont été globalement traitées dans l'ordre, ce qui est apprécié des correcteurs et conforme à l'esprit avec lequel a été construit le sujet. Cela n'empêche pas de sauter des questions si nécessaire, d'autant que les 4 parties étaient indépendantes.

La plupart des questions du sujet ont été abordées, les meilleures copies, en quantité non négligeable, les ayant traitées en intégralité. Seule la dernière sous-partie (IV.3) a été peu abordée par manque de temps, notamment dû à un défaut de concision dans la rédaction des premières questions empêchant le candidat de terminer le sujet.

Les méthodes au programme sont généralement connues mais malheureusement pas toujours appliquées avec rigueur. Par exemple, les très classiques questions de mécanique 4 et 12 ont donné lieu à peu de bonnes réponses du fait, notamment, d'erreurs de précipitation dans l'identification et/ou l'expression des actions extérieures.

3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

Q1. Question de « modélisation » modérément réussie. Peu de candidats pensent à indiquer que le drone est en vol stationnaire pour justifier la nullité de la vitesse en entrée de tube. Plus grave : des confusions entre énergies, énergies massiques et énergies volumiques. On note également des réponses lourdes manquant de concision, entraînant une perte de temps pour le candidat.

Q2. Question bien traitée même si peu de candidats pensent à signaler et justifier la nullité de la résultante des forces de pression.

Q3. Question bien traitée.

Q4. Très peu de réponses satisfaisantes en raison de bilans des actions extérieures incomplets ou erronés : certains oublient le poids et/ou l'action du support transmis par les liaisons pivots, d'autres jugent qu'ils se compensent ! Dès lors, ces candidats appliquent de manière erronée le théorème de la résultante statique, qui ne permet pourtant pas de conclure.

Q5. Des confusions entre erreurs absolue et relative. Des erreurs dans l'AN par oubli de conversion en radian.

Q6. La plupart des candidats obtiennent bien la loi souhaitée et les valeurs des coefficients. Trop peu de candidats ont su justifier l'écart à la théorie (pertes dans le moteur et, à degré moindre, dans les convertisseurs statiques).

Q7. Question assez bien réussie malgré beaucoup d'oublis du facteur 4. Quelques candidats font une grave confusion entre force et puissance ou ne connaissent pas des relations de base entre puissance et énergie et entre intensité et charge.

Q8. La partie 2 débute par une question faisant appel à la culture technologique des candidats et à leur bon sens physique. Beaucoup d'entre eux ont été perturbés par cette question qui a été, dans l'ensemble, mal traitée.

Q9. Question bien traitée.

Q10. Question ne présentant pas de difficulté particulière.

Q11. Question bien traitée dans l'ensemble. Quelques erreurs au niveau de l'expression de l'allongement du ressort.

Q12. L'expression de l'élongation est souvent fautive, ce qui donne lieu à des pirouettes parfois malhonnêtes pour obtenir l'équation différentielle proposée par l'énoncé. Ce manque d'intégrité a été fortement sanctionné (0 pt sur la question) et affecte la crédibilité du candidat.

Q13. Question bien traitée.

Q14. Très peu de candidats ont pensé à calculer la valeur numérique du coefficient d'amortissement afin de se rendre compte qu'il était négligeable. Les conclusions données étaient donc erronées.

Q15. Question bien réussie.

Q16. Le résultat étant donné dans l'énoncé, beaucoup de candidats se sont précipités à répondre à cette question sans tenir compte de la cohérence avec leur réponse à la question précédente. Incohérence liée au signe d'un des paramètres notamment.

Q17. Une quantité importante des candidats ont bien estimé les termes prépondérants de la matrice d'inertie. Très peu ont vu que 2 termes diagonaux étaient approximativement identiques.

Q18. Question bien traitée.

Q19. Question globalement bien traitée. Certains candidats ont curieusement gardé le terme en exponentiel dans les matrices.

Q20. Question ne présentant pas de difficulté particulière puisque les 3 axes étaient découplés.

Q21. Trop peu de candidats ont réalisé l'application numérique demandée. Une bonne partie de ceux qui ont tenté de la réaliser ont mal exploité les unités.

Q22. Question de synthèse très peu traitée. Ce type de question ne semble pas être important auprès des candidats. Étape pourtant essentielle pour valider des modèles. Cette question présentait un barème important. Surprenant de constater que très peu de candidats savent calculer des erreurs relatives.

Q23. Question ne présentant pas de difficulté particulière mais qui n'a été traitée que par une infime partie des candidats (comme pour la question précédente). Cela laisse penser que les candidats ne vont pas jusqu'au bout des parties à traiter. La conclusion est pourtant importante au vu de la sous-problématique posée dans la partie 2.

Q24. Une minorité de candidats (mais encore trop large) fait figurer des électrons dans l'équation-bilan.

Q25. Des candidats semblent penser qu'une réaction n'est totale que si les réactifs sont présents en proportion stœchiométriques.

Q26. Calcul de capacité massique souvent bien réussi, celui de l'énergie massique moins.

Q27. Beaucoup d'erreurs sur l'estimation de la capacité massique d'un accumulateur. La capacité Q d'une batterie composée de plusieurs accumulateurs identiques associés en série est égale à celle de chaque accumulateur. Ainsi, pour une batterie de 3 accumulateurs en série on a

$$q = \frac{Q}{m_{\text{accu}}} = \frac{Q}{m_{\text{batterie}}/3}.$$

Par ailleurs, trop peu de réponses ont été apportées à la partie qualitative de la question concernant les pistes d'allègement. Il s'agissait ici d'indiquer qu'il fallait minimiser la masse des composants non réactifs.

Q28. Une lecture trop superficielle de l'énoncé a donné lieu à de nombreuses erreurs : le nouveau matériau remplace le graphite à l'anode et non le dioxyde de cobalt.

Q29. Question moyennement bien réussie. Manque de rigueur dans l'utilisation du vocabulaire.

Q30. Question assez ouverte, pour laquelle la plupart des candidats ont identifié la méthode à suivre (estimation du temps de réponse pour en déduire l'inductance). Néanmoins, seule une minorité a estimé correctement la constante, beaucoup ne tenant pas compte du décalage de l'origine des temps.

Q31-32. Questions bien traitées.

Q33. La justification $2\pi f_0 L \gg R$ est trop peu souvent donnée. On rappelle qu'on ne peut comparer deux complexes entre eux, ni comparer deux grandeurs de dimensions différentes.

Q34. La condition d'ARQS n'est pas suffisamment connue par les candidats. Même remarque qu'à la question précédente sur les comparaisons entre grandeurs de dimensions différentes.

Q35. La définition de la mutuelle inductance n'est pas toujours connue. Peu de candidats ont abouti à l'expression finale, faute d'un produit scalaire convenablement effectué.

Q36. Justification du désaccord à faible distance rarement donnée (B non uniforme, modèle du dipôle non valide).

Q37. Les lois des mailles sont généralement correctement écrites mais le terme d'inductance mutuelle est souvent oublié ou erroné (confusion entre le flux Mi et la fém $M \frac{di}{dt}$).

Q38. Première partie de la question bien traitée. Beaucoup d'erreurs dans le calcul de la puissance moyenne par manque de rigueur (confusion entre les grandeurs instantanées, réelles ou complexes, et les amplitudes ou valeurs efficaces).

Q39. Question bien traitée. Des ordres de grandeur étaient attendus et non des approximations numériques à plusieurs chiffres significatifs. Un ordre de grandeur doit être donné avec son unité.

4/ CONCLUSION

Les candidats ont dans l'ensemble abordé les questions relevant des différentes disciplines et n'ont pas semblé être perturbés par le fait d'en changer d'une question à l'autre, ni de traiter des parties et questions « hybrides » pouvant être résolues avec des outils vus dans des matières différentes.

La qualité de la présentation des copies (présentation des questions dans l'ordre, résultats encadrés, propreté générale...) est tout à fait acceptable. Une présentation claire est souvent associée à un raisonnement clair.

La concision des réponses est essentielle à la réussite d'une épreuve écrite, surtout lorsqu'elle comporte de nombreuses questions. Cela signifie en général qu'une part importante d'entre elles – les plus faciles – sont affectées de peu de points. Aussi, écrire une page entière pour ne glaner que 0,2 point sur 20 devient un sérieux handicap à la réussite globale du sujet.

Dans une épreuve de modélisation comme celle-ci, il est important de considérer les applications numériques demandées. Les questions de synthèse ne doivent pas être négligées.