



1/ CONSIGNES GÉNÉRALES :

L'idée de l'épreuve de modélisation est de mettre les candidats en situation de modélisation. Le candidat doit mobiliser ses connaissances de mathématiques, sciences physiques, sciences de l'ingénieur et informatique afin d'élaborer/ de s'approprier un modèle, le confronter à des mesures et répondre à une problématique. Le candidat se retrouve dans une démarche similaire au TIPE puisqu'il va devoir utiliser des manipulations et des simulations de plusieurs disciplines pour résoudre son problème.

Le sujet de cette année porte sur l'alimentation d'un train électrique et s'intéresse en particulier au problème, de nature thermo-électrique et mécanique, du contact entre la caténaire et le pantographe.

Le sujet comporte 3 parties indépendantes avec pour objectif :

- d'étudier les pertes par effet Joule dans la caténaire ;
- de modéliser la caténaire pour connaître l'évolution de la température en son sein lorsque le train est à l'arrêt ;
- de mettre en place un dispositif de mesure de la force de contact du pantographe sur la caténaire et de vérifier les performances de l'asservissement de cette force.

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 correcteurs apprécient que les questions soient traitées dans l'ordre. Cela n'empêche pas d'en passer certaines si nécessaire. Certains candidats ont fait de multiples aller-retours entre les différentes parties du problème, ils ont été pénalisés dans la notation.

Dans l'ensemble, la plupart des questions du sujet ont été abordées. Beaucoup de candidats ont abordé plus de 70 % des questions proposées et les meilleures copies ont traitées correctement 80 à 90 % de l'épreuve.

Certaines questions très basiques (notamment en début de sujet) ont donné lieu à des réponses très délayées, voire à des éléments de démonstration non nécessaires et non demandés. De nombreux candidats y perdent un temps précieux.

Les correcteurs regrettent néanmoins que des questions très proches du cours soient mal traitées. Par exemple, à la question 9, seulement la moitié des candidats pensent à proposer le transformateur pour abaisser la tension alternative sinusoïdale.

3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES :

Q1. Question bien traitée. On encourage cependant les candidats à rester concis sur des questions qualitatives de ce type pour ne pas perdre de temps (sur une question finalement peu valorisée en terme de points).

Q2. Beaucoup de contresens sur les propriétés physiques du graphite. Pour l'utilisation du carbone graphite, nous attendions notamment les balais d'une machine à courant continu. Nous avons accepté les mines de crayon. Les candidats pensent parfois "fibre de carbone", dont la structure est différente du carbone graphite. Les réponses du type « dans l'aéronautique ou « dans l'automobile » n'ont pas été valorisées, car trop générales.

Q3. Beaucoup d'erreurs sur le schéma électrique équivalent. On encourage les candidats à vérifier l'homogénéité des formules proposés pour Re de sorte à repérer leurs erreurs de calcul.

Q4/Q5/Q6. Questions bien traitées, dès lors que la question Q3 l'était.

Q7. Le rendement est parfois mal défini car la grandeur utile n'est pas toujours bien identifiée. Trop peu de candidats repartent de la définition de base d'un rendement (Putile/Pcoûteuse).

Q8. On attendait que les candidats parlent des pertes en ligne limitées dans le cas de l'utilisation de la haute tension. Cette remarque n'a été faite que pour 50 % des copies environ.

Q9. Seulement la moitié des candidats pensent à proposer le transformateur pour abaisser la tension. Beaucoup d'énormités concernant le dispositif qui permet d'abaisser le niveau de tension (hacheur, pont diviseur de tension, alternateur, soustracteur, onduleur, ALI, filtre passe bas, gradateur, sans oublier le multiplieur, ...). C'est décevant pour un dispositif dont l'étude constitue un chapitre entier en PSI.

Q10. La question était un peu technique car il fallait correctement identifier les flux mis en jeu mais bien récompensée en terme de points et assez proche du cours de physique. Beaucoup de confusions sont à noter sur les surfaces mises en jeu : de nombreux candidats confondent la section de la caténaire (pour les flux entrant en z et sortant en $z+dz$) et la surface latérale du cylindre (pour les pertes conducto-convectives). Trop de candidats appliquent à tort la formule de Newton pour exprimer les flux entrant et sortant en z et $z+dz$. La surface d'un disque est parfois mal exprimée.

Q11. Le lien entre puissance et énergie n'est pas toujours maîtrisé. L'expression de la puissance dissipée par effet Joule n'est pas connue de certains candidats.

Q12. Confusion de notation entre termes d'échange et variation de fonctions d'état. On rappelle qu'une variation infinitésimale pour l'énergie interne doit être notée dU , tandis qu'un transfert thermique élémentaire doit être noté δQ .

Q13. Alors que la formule de Taylor est souvent bien écrite de manière très formelle (avec les notations du cours de mathématiques), elle est souvent mal traduite dans le cas de la situation demandée : l'infiniment petit était, comme cela était précisé dans l'énoncé, ε et non x ou $(x - \varepsilon)$.

Q14 à Q17. Bien traitées dès lors que Q13 l'était.

Q18/Q20. Globalement bien traitées mais quelques erreurs dans le range (range(N) au lieu de range(N+1)), et confusion fréquente entre M et N.

Q21. Question traitée par seulement un candidat sur 3. L'énoncé propose une expression pour la densité de courant thermique en $-L_c/2$. Beaucoup abordant cette question cumulent ce terme proposé avec le terme associé au « flux sortant en $z+dz$ » défini à la question Q10, alors qu'il doit venir en remplacement de celui-ci.

Q22. Certains pensent à tort que le régime stationnaire impose que la température est une fonction affine de z , voire que la température est constante pour tout z .

Q23/Q24. Relativement bien traitées. L'énoncé rappelait la densité volumique de charge nulle dans un conducteur.

Q25. Beaucoup de confusions sont faites entre la notion de potentiel électrique V et le champ électrique E . L'unité du champ électrique E n'est pas toujours connue. Certains candidats ont divisé V par x pour avoir E . Un certain nombre de candidats ont fait le lien entre les pertes par effet Joule, en E^2 , et l'élévation de température.

Q26/Q27. De nombreux candidats pensent à comparer les temps caractéristiques des deux phénomènes. D'autres, en revanche, proposent des réponses très farfelues pour étayer leur proposition.

Q28. Le principe de fonctionnement d'une jauge d'extensométrie n'est pas toujours bien connu des candidats. Certains gagneraient à être plus concis dans leur réponse.

Q29. Bien traitée. Les actions mécaniques sont parfois oubliées, dommage.

Q30. Le BAME (Bilan des Actions Mécaniques Extérieures) est souvent approximatif. Peu de candidats identifient l'existence de deux glisseurs qui conduit à une simplification possible du torseur recherché.

Q31. Le BAME est souvent incomplet. Beaucoup de candidats forcent leurs calculs pour aboutir au résultat donné dans l'énoncé.... On préfère très largement un candidat admettant que ses calculs ne permettent pas de trouver la formule proposée plutôt que d'autres qui, partant de formules fausses, arrivent miraculeusement à la formule proposée dans l'énoncé...

Q32. À nouveau, le BAME est souvent incomplet...

Q33. Beaucoup de confusion entre les notions de "fonction linéaire" et de "fonction affine". Deux grandeurs reliées par une fonction affine ne sont pas proportionnelles !

Q34. Mauvaise compréhension de la question par beaucoup de candidats. Alors qu'elle invite à comparer avantages et inconvénients pour le placement de la jauge sur l'un ou sur l'autre des bras, beaucoup comprennent qu'elle est simultanément placée sur les deux bras. La discussion est alors compliquée...

Q35/Q36. Beaucoup de difficultés à définir une valeur moyenne et à mener proprement les applications numériques demandées.

Q37. Peu traitée car les expressions à obtenir à la Q36 sont souvent fausses et ne permettent pas alors de répondre facilement.

Q38. La notion de perturbation pour l'asservissement est rarement évoquée.

Q39. Les forces étaient définies dans l'énoncé, on attendait l'écriture vectorielle (sans erreur) du PFD. Beaucoup de problèmes de signes sont à déplorer. De nombreux candidats souhaitent reproduire le calcul

classique de la corde vue en cours et introduisent l'angle α que fait le tronçon avec l'horizontale. Confusion ensuite entre T (norme de la tension) / T_h (sa composante horizontale) / T_v (sa composante verticale).

Q40/Q41/Q42. Bien traitées par l'ensemble des candidats.

Q43. L'expression de $y''(x)$ est obtenue par la majorité des candidats. La double intégration pour obtenir $y(x)$ a posé davantage de problèmes pour certains...

Q44/Q45/Q46 : Peu abordées.

Q47/Q48/Q49 : Très souvent abordées et bien traitées.

Q50 : Le principe de superposition est très souvent appliqué mais beaucoup d'erreurs de calcul sont commises. C'est dommage pour une application directe du cours de SI.

Q51/Q52. Peu abordées par les candidats.

4/ CONCLUSION :

Les candidats ont dans l'ensemble abordé les questions relevant des différentes matières et n'ont pas semblé être perturbés par le fait de changer de discipline d'une question à l'autre.

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.