

1/ CONSIGNES GÉNÉRALES

Le support du sujet est un AGV : Automotrice Grande Vitesse. La conception de ce train a été menée par Alstom et une de ses particularités est une motorisation dite répartie avec des bogies intégrant des moteurs synchrones à aimants permanents disposés le long de la rame.

L'objet de ce sujet est de valider le dimensionnement de la chaîne de traction de l'AGV.

Il s'articule autour de trois parties :

VÉRIFICATION DES PERFORMANCES DYNAMIQUES

Cette première partie permet de vérifier le dimensionnement de la motorisation au démarrage et lorsque l'AGV est à vitesse maximale sur le plat. Enfin, elle vérifie que la valeur efficace du courant dans une phase d'un des moteurs de traction est bien inférieure au courant de démarrage pour ce même point de fonctionnement.

ÉTUDE DU RÉDUCTEUR

L'objectif de cette deuxième partie est de valider le choix du réducteur assurant la transmission de puissance du moteur à l'essieu au regard des éléments du cahier des charges.

ASSERVISSEMENT DE COUPLE

Enfin, la troisième partie aborde la stratégie d'asservissement de couple des moteurs de l'AGV, hors démarrage, à l'aide d'un modèle analogique élémentaire ainsi que le choix et la mise en œuvre du capteur angulaire associé.

2/ REMARQUES GÉNÉRALES

Dans l'ensemble, les copies sont généralement propres et lisibles ce qui est un point positif à noter. Cependant, encore trop de candidats ne savent pas mener à bien une analyse aux regards d'éléments d'un cahier des charges. 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. Par exemple : l'ordre de grandeur de la vitesse du TGV est connu, tout calcul théorique ne s'approchant pas de cette valeur doit poser question et nécessite vérification. Enfin, un résultat numérique sans unité n'a pas de sens : un effort particulier de rigueur doit être encore fait sur ce point précis. Il est important, lorsque l'on utilise une formule du cours, de bien de se rappeler quelles sont les conditions d'utilisation de cette dernière et notamment quelles sont les unités des différentes grandeurs associées pour éviter de l'appliquer hors contexte.

3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

Q1) Le bilan des actions mécaniques est souvent correctement fait, mais beaucoup de candidats oublient la réaction du support. L'utilisation des théorèmes généraux de la dynamique manque de rigueur et trop de candidats confondent le principe fondamental de la dynamique et le théorème fondamental de la dynamique.

Les projections sur la base utile pour le cas en rampe sont rarement bien effectuées. Les applications numériques ensuite sont là aussi souvent fausses : masse non convertie en kg ou vitesse convertie en m.s-1.

Q2) La démarche qui consiste à utiliser le théorème de l'énergie puissance en considérant que la puissance vaut 900 kW n'est pas juste. De plus, il faut prendre en compte le rendement et le rapport de réduction dans les calculs.

Q3) De nombreux problèmes de conversion d'unités. Il faut également justifier les conclusions à partir de valeurs chiffrées issues de la courbe et ne pas simplement commenter cette dernière.

Q4) L'isolement d'une roue ne permet pas de traiter cette question. Enfin, on ne peut considérer la liaison pivot entre la roue et la rame alors que l'ensemble de la rame est isolé.

Q5) Question très peu traitée et les rares candidats qui trouvent un résultat ne tirent aucune conclusion.

Q6) Confusion dans le calcul entre la puissance d'un solide en translation et en rotation. De plus, l'accélération résiduelle a rarement été utilisée.

Q7) Le rendement est trop souvent oublié et donc le résultat trouvé est rarement juste.

Q8) Peu de candidats ont été en mesure de déterminer la vitesse de rotation du moteur et d'en déduire ainsi la valeur de E_v : la f.é.m. associée. Par ailleurs, trop d'étudiants se trompent lors du passage d'une écriture temporelle à une écriture complexe. Attention d'ailleurs, à ne pas confondre l'opérateur p de Laplace et le nombre de paires de pôles. Par conséquent, le calcul de la valeur du flux n'a que très peu souvent été mené jusqu'à son terme alors même que la linéarité entre E_v et la vitesse du moteur permettait de trouver le flux sans avoir la bonne valeur pour la vitesse du moteur.

Q9) La bonne stratégie de pilotage a été déterminée par la plupart des candidats ayant traité la question.

Q10) L'expression du déphasage à partir de l'expression du couple est trouvée aisément. En revanche, le calcul de la valeur numérique n'a pas abouti puisqu'elle dépendait de la connaissance du flux obtenue à la question Q8.

Q11) L'expression littérale de la loi des mailles est correcte dans la majorité des cas. Le passage en écriture complexe est relativement bien traité, néanmoins certains candidats n'hésitent pas à additionner des grandeurs de natures différentes ou oublient tout simplement le I du $j.L.\omega.I$. D'autres sont restés dans le domaine temporel.

Q12) Très peu de diagrammes vectoriels ont été tracés correctement. D'abord, la consigne qui est donnée de mettre E_v en référence des phases est souvent ignorée. Ensuite, les élèves reproduisent des exemples de diagrammes vectoriels vus en cours sans se soucier du cas réellement traité, notamment nombreux sont les diagrammes vectoriels avec $\psi = 0$.

Q13) Lorsque le tracé de la Q12 n'était pas exploitable, il n'a pas été possible de trouver la valeur du courant I_s .

Q14) Lorsque le tracé de la Q12 n'était pas exploitable, il n'a pas été possible de trouver la valeur du facteur de puissance.

Q15) En général la relation qui lie la vitesse du rotor, la pulsation de synchronisme et le nombre de paires de pôles est connue. Le calcul de la fréquence n'a souvent pas abouti par méconnaissance de la vitesse du moteur.

Q16) Cette question a été traitée correctement par la plupart des candidats.

Q17) Les états possibles d'un transistor en commutation sont confondus. L'état bloqué est associé à un transistor passant.

Q18) Le tracé du courant est majoritairement faux. Soit le courant n'est pas sinusoïdal, soit la phase n'est pas respectée.

Q19) Question très peu traitée. Le calcul de la valeur efficace du courant n'est quasiment jamais fait.

Q20) Très peu de bonnes réponses permettant d'attribuer les points.

Q21) La représentation d'un graphe des liaisons répond à un formalisme précis que tout candidat se doit de connaître et de respecter. Le traitement de cette question montre une maîtrise toute relative des symboles des liaisons normalisées usuelles. L'hyperstatisme et surtout ses conséquences technologiques ne sont pas ou que trop rarement maîtrisés : encore trop d'élèves manipulent les résultats en vue d'obtenir un système qu'il présuppose isostatique.

Q22) Cette question a généralement été bien traitée mais une partie importante des candidats se contente d'effectuer les calculs sans conclure vis-à-vis des critères du cahier des charges.

Q23) Le bilan des actions mécaniques effectué est encore trop souvent incomplet, de plus l'écriture des torseurs des actions mécaniques transmissibles des liaisons usuelles n'est toujours pas maîtrisée. C'est pourtant un préalable à toute application du principe fondamental de la statique.

Q24) Cette question qui n'était qu'une application du principe fondamental de la statique n'a été que très rarement traitée.

Q25) L'écriture du torseur de cohésion et la reconnaissance de la sollicitation ont été souvent bien menées ce qui est à noter dans cette partie mécanique.

Q26) L'identification de la zone de sollicitation est souvent erronée, les étudiants se perdent ensuite dans des développements calculatoires qui n'aboutissent pas faute de méthode ou d'inattention.

Q27) Cette question relativement simple n'a que trop peu été traitée. La lecture d'informations sur un dessin d'ensemble est rarement effectuée et la traduction en jeu fonctionnel est émaillée de grossières erreurs de calcul, démontrant une maîtrise insuffisante de la notion. La conclusion sur le type de montage est alors rendue impossible.

Q28) La modélisation de principe d'une liaison pivot réalisée par éléments roulants au moyen d'une schématisation technologique n'a quasiment pas été abordée, certains s'essayent même à définir des solutions constructives alors que ce n'est pas du tout l'objet de la question.

Q29) Cette question sur la détermination de la durée de vie d'un montage de roulement a très souvent été abordée, mais un nombre très important de candidats se trompe dès la détermination des composantes des efforts axiaux et radiaux, dès lors la démarche ne peut pas aboutir et le calcul est vain.

Q30) Question mal comprise, il était demandé de « rappeler » la stratégie de pilotage 1 donnée dans l'énoncé.

Q31) Là encore, très peu de bonnes réponses alors qu'il suffisait de lire la partie introductive aux questions Q30 et Q31 afin de justifier l'intérêt du modèle diphasé pour l'asservissement de couple.

Q32) Quelques réponses correctes à cette question où l'on demandait de dessiner la structure de deux boucles d'asservissement élémentaires ; de nombreux candidats ont cherché à placer des blocs avec des expressions littérales de fonctions de transfert.

Q33) et Q34) Questions classiques bien traitées par de nombreux candidats. On retrouve souvent dans les copies l'expression de la FTBF, au lieu de la FTBO qui était demandée. La définition de la marge de phase n'est pas connue de tous les candidats. Pour les critères de performance, il y a eu confusion entre le temps de réponse à 5 % et 3τ (hypothèse 1^{er} ordre). L'amplitude relative du premier dépassement a souvent été retenue comme critère de stabilité mais on trouve dans de nombreuses copies la condition EB-SB caractérisant la stabilité au sens mathématique du terme.

Q35) La lecture de la fiche technique n'a pas posé de difficultés particulières. La compatibilité en vitesse n'est pas toujours mentionnée.

Q36) La question est souvent traitée mais au final, très peu de réponses satisfaisantes.

Q37) Le filtre passe-bas du premier ordre est connu des candidats. Cependant, la courbe de phase est souvent oubliée et les axes ne sont pas toujours renseignés.

Q38) Le terme en $\sin^2(\omega t)$ de la démodulation synchrone « a bloqué » la quasi-totalité des candidats ayant abordé cette question. Peut-être aurait-il fallu mettre en annexe des formules trigonométriques ? Des mélanges de grandeurs instantanées et complexes sont à déplorer.

Q39) Malheureusement, il fallait impérativement le résultat de la question précédente pour aborder la modélisation. La réponse attendue pour la précision en régime permanent, par exploitation du modèle, était : entrée de type rampe, système de classe deux et erreur (de traînage) nulle. Très peu de bonnes réponses.

Q40) On terminait sur une synthèse des résultats :

de la question Q35,

de la question Q39 avec des « termes en 6θ » qui conduisait à la mesure de l'angle électrique nécessaire à notre application.

4/ CONCLUSION

Les correcteurs encouragent fortement les candidats à traiter toutes les parties du sujet et à montrer qu'ils maîtrisent l'ensemble des domaines des sciences industrielles de l'ingénieur. Il est vivement conseillé aux futurs candidats de s'investir sérieusement dans toutes les parties du programme du concours et d'acquérir l'ensemble des corpus de connaissances des disciplines qui constituent les sciences de l'ingénieur. Ce travail nécessite un investissement durant les deux années de formation en CPGE.

Les correcteurs constatent trop souvent un manque de rigueur et de précision dans la rédaction des réponses aux questions posées. Notamment, ils s'attendent à trouver exposées les démarches techniques et méthodologiques conduisant aux résultats proposés. Les réponses doivent être détaillées et argumentées : des résultats donnés directement, sans calcul, sans justification de principe, ne peuvent pas être pris en compte comme étant justes.

Enfin, la rédaction des copies et la restitution de notions du cours sont souvent très approximatives. Il est essentiel que les fondamentaux soient connus de manière exacte. Les correcteurs invitent donc les candidats à maîtriser parfaitement le cours et à faire preuve de plus de rigueur dans la rédaction de leur copie.