

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C

Module eCorner

Durée : 6 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur l'eCorner, développé par Siemens VDO pour l'intégration du système de traction, de la direction, des amortisseurs et des freins directement dans le moyeu de roue d'une petite voiture citadine. La problématique générale portait successivement sur la validation des performances du moteur, du frein, sur l'analyse de l'avancement et de la direction du véhicule, sur la validation des performances de la suspension, sur l'étude de la fabrication d'une pièce et sur l'analyse et la conception de la liaison pivot roue / fusée.

Le sujet comportait six parties, dont les poids relatifs étaient les suivants :

- Partie I (20%) : la validation des performances du moteur de traction.
- Partie II (20%) : la validation des performances cinématiques et statiques du frein EWB.
- Partie III (16%) : l'analyse de la gestion de l'avancement et de la direction du véhicule.
- Partie IV (13%) : la validation des performances de la suspension.
- Partie V (16%) : l'étude de la fabrication du support d'axe.
- Partie V (15%) : l'analyse et la conception de liaison pivot horizontale.

Chaque partie pouvait être traitée indépendamment des autres. Quelques questions étaient « à tiroir » au sein des parties mais cela restait marginal et permettaient toutefois d'appréhender le raisonnement des candidats.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Cette épreuve a pour objectif d'évaluer les capacités des candidats dans les domaines des sciences industrielles de l'ingénieur et plus précisément les aspects liés à l'analyse d'un système industriel, à la conception d'un sous-système mécanique et son industrialisation. Les compétences attendues concernent : l'analyse, la prédiction et la vérification des performances attendues de systèmes ou sous-systèmes à partir de modélisations ; l'imagination, le choix, la définition et le dimensionnement de solutions techniques intégrant des contraintes du cycle de vie, en particulier celles d'industrialisation.

Le spectre des questions était relativement large cependant le sujet ne se voulait pas difficile. L'objectif était d'une part de balayer des parties du programme qui n'avaient pas été abordées les années précédentes (fonctionnement d'un moteur brushless, étude d'un système du second ordre, ...) et d'autre part de revenir sur la maîtrise d'outils déjà évaluée récemment (application PFD, TEC, relation cinématique, ...). Nous constatons que les parties mécaniques "classiques" sont relativement bien abordées et globalement avec des résultats corrects ; il en est de même pour l'étude théorique de la suspension, les fondamentaux d'un système du second ordre sont bien maîtrisés. Inversement, l'étude de la partie commande, de la direction (questions de bon sens) et de la fabrication sont moins abordées et le niveau atteint souvent décevant. Enfin, le jury a apprécié la proposition systématique de solutions constructives quelquefois d'un très bon niveau dans la partie conception.

Le sujet a fait appel à des descriptions préliminaires, à chaque partie, avec des compléments d'information détaillés, nécessaires pour aborder les questions. L'utilisation de ces explications, bien qu'elles aient vocation à offrir simplement les formules ou les démarches nécessaires pour aborder un domaine relativement nouveau, a mis en évidence les difficultés de certains candidats à manipuler des concepts de base hors d'un cadre classique « déjà vu ». Les fondamentaux (calculs énergétiques, puissances) ont mis en évidence un écart-type important pour un niveau des candidats jugé dans

l'ensemble assez faible, tandis que les questions portant sur des aspects moins souvent évalués les années précédentes ou ayant un caractère plus « original » n'ont fait qu'accroître cet écart-type, tout en laissant la moyenne à un niveau jugé très bas (voire à le baisser).

Finalement, l'épreuve a permis de classer les candidats mais les résultats restent, comme l'an dernier, faibles par rapport aux attentes du jury. Le contexte « concours » ne doit pas faire oublier la maîtrise des fondamentaux en Science de l'Ingénieur que les étudiants doivent connaître.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie I (30% de réussite) : Validation des performances du moteur de traction

Cette première partie avait pour but de vérifier qu'à partir de la puissance donnée de l'eCorner le véhicule pouvait atteindre la vitesse donnée dans le cahier des charges et d'interpréter les écarts ; le calcul du couple fourni devait aussi permettre de vérifier l'accélération attendue pour le véhicule.

Q1 et Q2 : L'application du Théorème de l'Énergie Cinétique est globalement bien traitée même si on peut regretter que certains candidats n'utilisent pas les données adéquates. Il est rare de lire deux raisons expliquant la différence avec le cahier des charges.

Q3 et Q4 : Les calculs cinématiques de l'accélération du véhicule et de l'accélération angulaire de la roue sont maîtrisés dans la plupart des cas, contrairement au calcul du couple à l'aide du PFD qui n'est que rarement mené correctement.

Q5 : Rarement plus d'une raison a été donnée pour expliquer pourquoi on ne peut récupérer 100% de l'énergie au freinage.

Q6 : Le choix du moteur est bien traité et très souvent correctement argumenté.

Q7 : Le principe de fonctionnement d'un capteur à effet Hall n'est que très rarement correctement expliqué, les candidats se contentant d'une (très) approximative explication de l'effet Hall.

Q8 à Q10 : L'étude du passage du courant dans la partie puissance du moteur brushless est maîtrisée par 25% des candidats à peine, l'évolution des capteurs est par conséquent peu traitée de même que les équations logiques qui ne sont que très rarement écrites correctement.

Partie II (41% de réussite) : Validation des performances cinématiques et statiques du frein EWB

Il s'agissait dans la partie A de comprendre le fonctionnement du frein, d'en déduire la loi entrée/sortie par la fermeture d'une chaîne cinématique.

Q11 et Q12 : Les torseurs cinématiques sont correctement complétés par pratiquement tous les candidats ; la maîtrise de la relation entre les composantes de la liaison hélicoïdale est par contre beaucoup plus hasardeuse et moins d'un candidat sur trois l'écrit sans fautes.

Q13 : Là aussi les torseurs cinématiques sont maîtrisés, les simplifications (plan de symétrie et roulement sans glissement) un peu moins.

Q14 à Q16 : La fermeture cinématique, la relation obtenue et l'application numérique ont été globalement bien traitées par environ un candidat sur deux, en particulier par les candidats qui avaient traité correctement les questions précédentes, nécessaires ici.

Dans la partie B, l'objectif était de calculer la pression de contact et de conclure.

Q17 et Q18 : La lecture d'un graphique permettant d'évaluer la précision et la rapidité du système est traitée de façon efficace par un candidat sur deux ; les explications sur les variations sont souvent bien plus confuses, souvent à cause d'une mauvaise lecture de la question.

Q19 et Q20 : la mise en équation de la relation entre le couple de freinage et les autres paramètres pose plus de problèmes malgré les informations données et seul un candidat sur trois la résout correctement ; le taux de réussite baisse inévitablement pour la pression de contact, dépendante du résultat précédent.

Partie III (36% de réussite) : Analyse de la gestion de l'avancement et de la direction du véhicule

Cette partie avait pour objectif de vérifier le traitement et la gestion des informations lors de l'avancement du véhicule et en particulier lors de virages. Cette partie qui faisait appel à des connaissances basiques de géométrie et de calcul numérique et à un peu de "bon sens" a été un peu décevante.

Q21 à Q23 : Un candidat sur deux seulement s'en sort bien, les réponses sont quelques fois dénuées de tout sens logique...

Q24 : Ça s'améliore un peu ici, les candidats connaissent bien la fonction d'un différentiel...

Q25 : Cette question est peu ou mal abordée, la relation entre roulement sans glissement et géométrie peut-être un peu délicate à aborder.

Q26 : Trigonométrie très basique, maîtrisée par quasiment tous les candidats, heureusement !

Q27 et Q28 : Les relations entre géométrie (angles) et résolution de cosinus posent beaucoup de problèmes aux candidats et seul un candidat sur dix l'aborde correctement et ce malgré la récurrence de ce type de question dans cette épreuve.

Partie IV (72% de réussite) : Validation des performances de la suspension

C'est la partie donnant les meilleurs résultats même si elle n'a pas été abordée lors des précédentes épreuves.

La partie A envisageait l'étude théorique de la suspension, en particulier la fonction de transfert déduite de l'étude dynamique.

Q29 et Q30 : Les trois paramètres définissant les systèmes du deuxième ordre sont bien connus. Il en est de même pour le tracé de l'allure des réponses temporelles dans les conditions indiquées.

Q31 et Q32 : le calcul numérique des trois paramètres et du temps de réponse est aussi relativement bien traité dans une majorité des cas.

La partie B concernait l'étude expérimentale de la suspension, en particulier la lecture de diagrammes de Bode.

Q33 et Q34 : Ici aussi les justifications sont bien argumentées, la lecture du diagramme et les calculs correctement traités.

Partie V (28% de réussite) : Étude de la fabrication du support d'axe mobile

Cette partie bien moins calculatoire est décevante pour l'épreuve SIC qui doit traiter des relations produit-matériaux-procédés. Elle couplait des concepts de base classiques du concours (cotation GPS, gamme générale de fabrication.) avec des éléments de réflexion qualitative sur les procédés de fabrication (analyse des surfaces fonctionnelles, comparaison technico-économique).

Q35 : Les propriétés physiques d'un matériau ne sont maîtrisées que par un candidat sur cinq, on remarque beaucoup de réponses "hors matériau"

Q36 : Des procédés d'obtention possibles sont cités par un candidat sur deux mais peu citent l'estampage qui est le plus approprié. Mis à part quelques réponses fantaisistes, les candidats ayant répondu arrivent à expliquer correctement le procédé et les règles à respecter.

Q37 à Q39 : L'interprétation d'une spécification dimensionnelle n'est correctement définie que par un candidat sur quatre ; la cotation GPS et les spécifications géométriques sont maîtrisées par plus d'un candidat sur deux, certaines exigences comme le maxi-matière très peu abordées.

Q40 : Cette question devait permettre d'identifier les surfaces fonctionnelles à usiner en précisant certains éléments. Les candidats ne savent pas pour la plupart présenter les résultats de façon synthétique (tableau par exemple) et les résultats s'en trouvent par conséquent assez flous.

Q41 et Q42 : Il s'agissait ici de déterminer des paramètres liés à la coupe ; ces questions n'étaient que peu abordées ; certaines bases ne sont pas maîtrisées et même l'application d'une formule donnée ne donnait que rarement de bons résultats.

Partie VI (34% de réussite) : Avant-projet de conception

Q43 : Il s'agissait ici de détecter des erreurs de conception, question déjà traitée l'année précédente mais pas forcément un exercice facile pour les candidats...

Q44 à Q46 : Trois questions précises sur le choix, les dispositions à mettre en œuvre dans le cas de roulements à rouleaux coniques. Les candidats ne lisent pas assez attentivement les questions et répondent souvent "en décalé" même si les grands principes sont relativement connus.

Q47 : Même si l'on voit encore des conceptions aberrantes, un candidat sur deux aborde correctement cette partie graphique et certaines propositions sont quasiment parfaites.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS (et à leurs formateurs)

Il est encore une fois conseillé aux futurs candidats de faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité. Il pourra alors, dans la mesure où beaucoup de parties sont indépendantes, débiter par les parties qui lui semblent les plus évidentes et avoir en mémoire les documents ressources qui lui sont proposés.

Au-delà des résultats quantitatifs justes ou faux, et bien que certaines questions soient classiques pour l'épreuve SIC, le raisonnement est pris en considération. La qualité des réponses est fortement prise en compte (détails parcimonieux). Il est fortement conseillé aux candidats de justifier brièvement mais systématiquement les démarches et les solutions proposées. Cette qualité demande une compréhension générale du sujet d'étude traité, rédigé en suivant une logique et une cohérence, et non plus uniquement des réponses locales à chacune des questions indépendamment des autres.

Nous reconnaissons que certaines réponses quantitatives dépendaient en partie des réponses aux questions précédentes mais la correction tient toutefois compte des éléments de raisonnement donnés. Encore une fois, si le système d'étude est compris, les réponses en seront d'autant plus logiques et justifiées correctement.

Les écritures soignées, l'utilisation de couleurs en particulier pour mettre en valeur les schémas et faire ressortir les résultats, sont très appréciées. A contrario, les explications confuses, contradictoires ainsi que l'excès de fautes d'orthographe et de grammaire sont pénalisés.

Les questions originales de l'épreuve SIC (comparé à SIA et SIB) s'appuient sur une relation produit-matériaux-procédés forte. Elles ne peuvent plus se baser uniquement sur des questions « de culture générale » sans modèle ni calcul. Cette relation doit être maîtrisée en classes préparatoires PT.