

Commentaires des correcteurs de l'épreuve « Analyse et conception des systèmes »

Le sujet de cette épreuve portait sur une colonne de direction réalisée par la société « **ZF Lenksystème** ». Cette société est une filiale de la société « **ZF** » spécialisée dans la conception et la réalisation des transmissions (boîtes de vitesses en particulier) pour les véhicules automobiles et industriels.

La colonne de direction, ancienne version et nouvelle version T5, est implantée sur des véhicules Land Rover type « Discovery 3 ». Cet élément de la direction du véhicule a beaucoup évolué ces dernières années pour répondre aux nouvelles normes de Crash-Test.

Le sujet comportait 3 parties indépendantes. Certaines questions, à l'intérieur des ces parties, pouvaient être traitées de manière indépendantes également.

La première partie était une étude préliminaire des systèmes classiques de direction. Après une étude cinématique, on demandait des propositions de solutions, de commenter et de justifier certaines réalisations classiques.

La question 1.1 qui n'aurait pas du poser la moindre difficulté, a été convenablement par 11 candidats seulement. Beaucoup se sont limité à compléter l'épure proposée sans la justifier. La question 1.2 qui lui faisait suite a été en échange assez bien réussie.

Les questions 1.3 et 1.4 concernaient l'étude d'une solution technologique d'un boîtier de direction à partir d'un cahier des charges. La solution devait être irréversible tout en limitant les frottements. La solution roue-vis sans fin n'était pas satisfaisante en raison des frottements trop importants.

Concernant l'assistance, question 1.5 de direction, beaucoup de candidats ont réussi à proposer des solutions satisfaisantes.

Enfin, la question 1.6 permettait juste de vérifier que les candidats savaient identifier un système asservi. Cette question a priori assez simple n'a pas été traitée par beaucoup de candidats.

La seconde partie concernait l'étude d'une ancienne version de la colonne de direction du véhicule 4x4. Après une étude de la structure générale de la direction du véhicule, on demandait de vérifier certains choix technologiques effectués par le constructeur. Elle se terminait par le dessin de définition d'une des pièces du système (système anti-vol).

La question 2.1, traitée par pratiquement l'ensemble des candidats, ne posait pas de problème particulier. La description générale de la direction était donnée dans le sujet. On demandait un schéma cinématique en perspective de l'ensemble de direction. Beaucoup trop de candidats ne maîtrisent pas les symboles de l'AFNOR. La représentation est souvent approximative, simplifiée à l'extrême (on ne représente pas certaines liaisons, on ne respecte pas la géométrie...).

Les questions 2.2 et 2.3, abordée par 70% des candidats, étaient des questions de cours. La plupart de réponses étaient incomplètes (mais justes) sur la partie cinématique ; par contre, très peu de candidats ont réussi à expliquer correctement l'influence sur les efforts (question 2.3).

Les questions 2.4 et 2.5 proposaient de mettre en évidence le montage hyperstatique de l'arbre principal. La question 2.4 a été correctement traitée. Par contre la question 2.5 a posé beaucoup de problèmes aux candidats. Certains ont proposé des ajustements pour le montage des roulements ! d'autres ont proposé un grand nombre de coaxialités ! L'interprétation géométrique de l'hyperstatisme est complètement inconnue pour certains candidats. La question 2.4 a été abordée par 82% des candidats et 65% ont abordé la question 2.5.

Les questions 2.6, 2.7, 2.8 et 2.9 portaient sur le montage précontraint des roulements. L'ensemble des candidats à abordé les questions 2.6, 2.7 et 2.8. 50% des candidats ont traité la question 2.9.

La question 2.6 montre que beaucoup de candidats **utilisent les théorèmes de la mécanique de manière très approximative** Les équations (souvent justes) sont écrites sans justifications, **sans préciser, le système isolé, le théorème utilisé.**

La question 2.7 a donné des réponses très surprenantes. L'application numérique est rarement effectuée. La vérification de la contrainte « constructeur » est obtenue en additionnant les déflexions des deux roulements ! Cette question montre les lacunes des candidats dans la lecture de dessin technique.

La question 2.8 est rarement traitée correctement.

5 candidats (5% !) ont traité correctement le question 2.9.

Les questions 2.10, 2.11, et 2.12 concernaient la détermination d'un ressort de compression. Moins de 40% des candidats ont abordé ces questions. Il suffisait de connaître les formules de torsion simple et de faire preuve de bon sens. Certains candidats ont donné pour toute réponse à la question 2.10 ; « désolé, je n'ai pas la formule dans ma calculatrice » !

35% des candidats ont traité les questions 2.13 et 2.14. Très peu de candidats ont proposé une méthode rigoureuse de résolution d'un problème hyperstatique d'ordre 1 (question 2.13). Aucun candidat n'a répondu correctement à la question 2.14.

La question 2.15 a été abordée par 50% des candidats. On demandait de faire le choix d'un roulement et de concevoir le montage. La question a été bien traitée dans l'ensemble. Les erreurs classiques : les dimensions du roulement sont non respectées par rapport au catalogue fourni, les portées du roulement sont dans le vide.

50% des candidats ont abordé la question 2.16. Peu de candidats ont proposé un modèle rigoureux de l'arbre principal. La plupart ont calculé un arbre creux de section constante et de longueur L.

Les questions 2.17, 2.18, et 2.19 portaient sur la vérification de la fiabilité de la liaison encastrement entre le collier d'entraînement et l'arbre principal. On proposait une vérification par calcul d'enveloppe mince.

La question 2.17 a été abordée par 45% de candidats. Malheureusement, certains n'ont pas compris le rôle du collier d'entraînement. Ils ont utilisé 20 N.m pour le couple à transmettre par la liaison encastrement !

Peu de candidats ont abordé les questions 2.18 et 2.19 (respectivement 23% et 15% des candidats).

La question 2.20 (36% des candidats ont abordé cette question) proposait de valider les calculs précédents (questions 2.17 à 2.19) à l'aide du modèle éléments finis donné. Les candidats se sont contentés de commenter la répartition symétrique des contraintes et certains de vérifier la contrainte maxi. Aucun candidat n'a justifié le modèle enveloppe mince.

40% des candidats ont traité la question 2.21. Peu de candidats ont tenu compte de la faible épaisseur du collier d'entraînement et ont donné des solutions classiques inadaptées dans notre cas.

La question 2.22 a été abordée par 56% des candidats. Elle concernait la préparation à un schéma de cotation du corps faisant partie du système anti-vol. La première partie de la question était de détecter sur le dessin d'ensemble du système anti-vol les surfaces fonctionnelles du corps. Cette partie est dans l'ensemble correctement traitée.

Ensuite, après analyse de ces surfaces, il fallait proposer un schéma de cotation (moins de 40% ont traité cette partie). Cette partie montre la difficulté de bon nombre de candidats à proposer un référentiel de cotation cohérent par rapport aux surfaces fonctionnelles. Les candidats n'hésitent pas à utiliser une surabondance de tolérances géométriques sans se soucier des redondances et du coût de production d'une telle pièce.

Enfin, dans la troisième partie, le candidat était amené à concevoir ou valider des solutions technologiques de la colonne de direction actuelle, comprenant des éléments jouant un rôle essentiel dans la sécurité du conducteur en cas d'accident. Cette partie n'a pas été abordée par une grande partie des candidats. Les questions étaient parfois simples, indépendantes les unes des autres. Il est donc bon de rappeler qu'il faut lire le sujet en entier avant de répondre aux questions afin d'avoir une vision globale du sujet et permettre de répondre à un maximum de questions.

La question 3.1 pouvait être traitée en deux parties. Beaucoup de candidats se sont aventurés à calculer l'accélération à partir des équations de mouvement, ce qui conduisant à des calculs longs et souvent truffés d'erreur de calcul. Il suffisait de déterminer l'air sous la courbe de vitesse... Sans doute refroidis par ces calculs longs, les candidats ont bien peu souvent cherché à calculer la distance de freinage.

La question suivante a été traitée par moins d'un candidat sur deux alors qu'il s'agissait d'une simple question de cours ...

La question 3.3 devait permettre aux candidats de traduire par un schéma cinématique, l'architecture de la colonne sans les éléments de sécurité, mais seulement avec les éléments de réglages en position. Si la liaison glissière a été convenablement vue pour justifier le réglage longitudinal, la liaison par cardan pour le réglage angulaire a bien souvent été occultée. Le positionnement relatif des liaisons permettant d'assurer un bon fonctionnement de l'ensemble est trop souvent aléatoire, conduisant à des montages qui ne fonctionnent donc pas.

Question 3.4 : traitée par seulement un tiers des candidats !!

Les 4 questions suivantes permettait de conduire une démarche de dimensionnement de la came permettant d'assurer le serrage et le maintient en position de la colonne. Ces questions faisaient appel à un calcul liant couple et effort presseur, puis à partir de cet effort presseur, par un simple calcul de RDM (traction simple), déterminer l'allongement de l'axe. De là, on pouvait conclure sur la forme de la came jugée elle indéformable.

Venaient ensuite des questions relatives à la conception des éléments de sécurité.

Pour la question 3.9, sans tenir compte du fait que l'application numérique de l'accélération (Q 3.1) était souvent erronée, la démarche conduite par les candidats était convenable.

La question 3.10 à suivre, permettait de valider ou non, la tenue au choc de la colonne, conçue précédemment. Là encore, même sans calcul, les candidats pouvaient justifier l'intérêt de l'empilement des lames de serrage, augmentant ainsi les surfaces frottantes.

A l'image de la question 3.3, on demandait ensuite (Q 3.11) de réaliser un schéma cinématique prenant en compte les nouvelles liaisons qui assureront une partie de la sécurité du conducteur. 17 candidats se sont aventurés jusque là...

Pour la question 3.12, on demandait de concevoir un guidage en translation. Il était précisé dans l'énoncé que le guidage n'avait pas besoin d'être précis dans la mesure où cette mobilité n'intervenait qu'en cas de choc, la colonne de direction devant être changée en cas de réparation. Aussi les solutions de type queue d'aronde étaient à proscrire !

La question 3.13 était assez longue, et devait permettre au candidat de déterminer la loi de déplacement du conducteur au sein de l'habitacle afin par la suite (Q 3.14) de déterminer l'énergie absorbée par les éléments de sécurité.

Enfin, la question 3.15 devait permettre aux candidats de découvrir la solution technologique retenue par ZF pour dissiper l'énergie.