

Épreuve d'Analyse et Conception de Systèmes

1. Présentation du sujet

L'épreuve de la session 2010 s'appuyait sur un Bras Élévateur Aérien (BEA) de la société EGI filiale du groupe international GIMAEX spécialisé dans la lutte contre l'incendie. Le sujet comportait 40 questions déclinées en cinq parties indépendantes. La 40^e question proposait au candidat de réfléchir sur une synthèse technique du travail réalisé durant l'épreuve de 8 heures. Le sujet avait pour ambition de couvrir un vaste domaine de connaissances et de compétences indispensables à un professeur agrégé d'aujourd'hui. Il n'hésitait pas à déborder, tout en restant dans le cadre du programme du concours, sur des parties plus couramment traitées dans les autres épreuves. L'ambition d'une analyse et conception d'un système pluritechnique complexe actuel dépasse largement le simple domaine de la mécanique traditionnelle. La première partie permettait au candidat de s'approprier le sujet par la construction d'un argumentaire de choix d'un véhicule de sauvetage. Elle permettait, entre autres, de comparer le BEA à une « grande échelle » plus traditionnelle pour mettre en œuvre des fonctions propres à ce type d'engin. La deuxième partie s'appuyait sur l'étude de la tourelle et de son orientation. Une première approche permettait au candidat de valider le choix du moteur hydraulique utilisé en prenant en compte les limitations d'organes de la chaîne d'énergie de l'actionneur. La phase d'arrêt est importante dans le cadre d'interventions et il était intéressant d'étudier les effets vibratoires à la fois mécanique et hydraulique durant cette phase. L'analyse et la conception de l'installation de la tourelle sur le porteur permettaient au candidat de montrer ses aptitudes à s'appuyer sur un modèle, à utiliser des documents du fabricant de la couronne d'orientation et à proposer une esquisse de la mise en place de l'ensemble sur le porteur. La troisième partie s'intéressait au bras télescopique. Il fallait notamment proposer des principes de fonctionnement et analyser les liaisons entre les éléments du bras et valider le choix du matériau des patins. Une étude spécifique de la forme de la section du bras et d'une optimisation du couple section/matériau de ce dernier était envisagée avec une analyse de plusieurs solutions par la méthode des indices proposée par Ashby et communément utilisée aujourd'hui. La quatrième partie était centrée sur une reconception de l'articulation du bras pendulaire du BEA et sur une définition géométrique d'un composant d'une solution constructive. Cette étude exigeait une bonne culture technologique capable de mettre en relation principe, solution et contrainte. Elle demandait également des aptitudes à l'innovation et à la créativité afin de proposer des solutions diverses et variées. Puis une série logique de questions conduisait le candidat vers la définition géométrique d'une pièce de l'articulation. Cette définition devait être exprimée par un codage normalisé de cotation. La dernière partie mettait en évidence certains éléments de sécurité de l'engin. Après une analyse de la stabilité du BEA, les candidats devaient étudier le mécanisme de maintien de l'horizontalité de la nacelle à la fois ses parties commande, mécanique et hydraulique et proposer deux solutions de principe de la limitation et du contrôle de la charge. Une conclusion synthétique clôturait l'étude.

2. Analyse globale des résultats

Le sujet était plutôt long, mais beaucoup de candidats n'ont pas hésité à traiter l'ensemble des parties en choisissant les questions sur lesquelles ils se sentaient le plus à l'aise. Quelques candidats ont montré d'excellentes aptitudes à proposer des solutions efficaces en ayant une bonne vision d'ensemble du sujet. Il reste néanmoins quelques candidats mal préparés qui ne maîtrisent pas les éléments de base pour traiter une épreuve de ce type. Certaines des remarques qui ont été proposées lors des sessions précédentes ont été prises en compte par les candidats. Par exemple, si, à la suite de calculs, les valeurs numériques trouvées sont aberrantes, une analyse ou un commentaire est proposé ce qui permet au jury de bien voir que le candidat possède les ordres de grandeur des phénomènes étudiés. La partie 1 a été souvent traitée mais avec des résultats mitigés. Si le début de la deuxième partie a également été étudié par beaucoup de candidats, l'analyse des vibrations, qui a été plutôt bien vue par les candidats qui l'ont traitée, n'a pas fait recette. En revanche, l'étude de la liaison tourelle/porteur, via la couronne, pour sa partie validation a été plutôt correctement abordée. La proposition de solutions de principe et l'analyse de l'hypersatisme des liaisons glissière entre les éléments du bras, dans la troisième partie ont fait l'objet de bonnes propositions. L'étude du couple forme/matériau n'a, par contre, été que peu traitée alors qu'elle était plutôt facile à travers la méthode des indices d'Ashby.

Le travail de la partie 4 est relatif à une étude de reconception et de définition géométrique d'une pièce. Les recommandations faites par le jury à propos d'une étude similaire proposée dans l'épreuve de la session précédente n'ont pas été prises en compte apparemment. Si la définition géométrique par le codage normatif n'est pas totalement maîtrisée, il est néanmoins indispensable que le professeur agrégé de mécanique puisse déterminer les contraintes géométriques par les outils usuels d'analyse.

La plupart des candidats ont bien abordé la dernière partie avec l'étude de stabilité du BEA et la proposition du principe mécanique/hydraulique du maintien de l'horizontalité. Le calcul de la fonction de transfert n'a pas été toujours concluant bien que le résultat était donné et peu de candidats ont traité la précision et la stabilité de la commande. Seul sept candidats ont proposé une synthèse globale du sujet. Nous conseillons, comme après chaque session de l'agrégation, une lecture globale du sujet au début de l'épreuve afin d'identifier au mieux les parties pour lesquelles le candidat pense avoir les meilleures chances de réussite.

3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Partie 1

La lecture du sujet a permis à la quasi-totalité des candidats de mettre en exergue l'utilité d'un tel engin pour une intervention de sauvetage de personnes ou d'attaque du feu : de nombreux candidats ont choisi de dessiner des situations nécessitant de contourner un obstacle, d'autres les ont décrites littéralement. Pour optimiser le temps de manœuvre de ce type d'engin, les candidats ont été nombreux à proposer la simultanéité des mouvements, solution classique à utiliser en priorité. Certains, beaucoup moins nombreux, ont évoqué le fait que les mouvements de rotation engendrent des temps d'évolution du système généralement plus longs. Une étude plus fine dans ce sens était donc attendue. La compréhension d'un texte de norme n'est pas facile, les réponses exprimées le prouvent. Quant à l'expression d'un modèle global d'effort, cela ne pose pas de difficultés majeures aux candidats quand le problème est bien posé. L'investigation du point de vue cinématique a été bien menée par la plupart des candidats ; en revanche, certains, rares, montrent une méconnaissance totale des architectures mécaniques de base.

Partie 2

Il est encore surprenant que de nombreux candidats ne sachent pas tracer correctement le schéma bloc d'un asservissement pour lequel il n'était pas demandé les fonctions de transfert des éléments mais uniquement la nature et les unités des informations transmises entre les blocs. Le dimensionnement du moteur hydraulique a été souvent traité : il était assez commode d'utiliser le théorème de l'énergie cinétique plutôt que le principe fondamental de la dynamique ici, ce que beaucoup de candidats ont bien vu. De bonnes études sur la puissance ont été alors proposées. Reste toujours des candidats qui mériteraient d'être plus « synthétiques » dans la phase calculatoire. Le calcul de la puissance maximale transmise par le distributeur ainsi que son rendement n'ont que trop peu souvent été traités avec succès. Les ordres de grandeur des rendements de la chaîne de transmission de l'énergie sont bien connus des candidats. Il est dommage que l'analyse des courbes d'amortissement hydraulique ait été délaissée car les candidats qui s'y sont risqués ont plutôt réalisé une bonne étude et des commentaires pertinents. À part quelques erreurs de calculs, la validation du choix de la couronne n'a pas posé de gros problèmes aux candidats qui connaissent également les principes des joints tournants et ont indiqué des schémas ou des représentations adaptées. La mise en place, sous forme d'un dessin à main levée, de l'architecture de la liaison tourelle/support a été peu traitée malgré la relative simplicité de l'exercice : il n'était pas demandé de rentrer en détail dans la conception mais, comme le présente le corrigé de montrer l'agencement de la solution envisagée.

Partie 3

Le jury a apprécié la qualité de nombreuses solutions de principe du bras télescopique ainsi que l'étude de l'hyperstatisme des liaisons glissière : les candidats ont proposé une analyse pertinente du résultat obtenu. L'étude de l'influence de la déformation des patins a été abordée par la moitié des candidats avec souvent une analyse correcte. Certains n'ont cependant pas toujours bien exploité le document technique définissant le comportement du matériau. La partie qui concernait l'étude formes/matériaux du bras télescopique n'a été abordée que par quelques candidats : il semble que l'étude des critères de choix par optimisation des matériaux ne fasse pas partie de la culture des candidats ce qui est plutôt regrettable. L'étude finale du flambement du bras, qui était assez classique et largement abordable, n'a malheureusement été que très peu traitée.

Partie 4

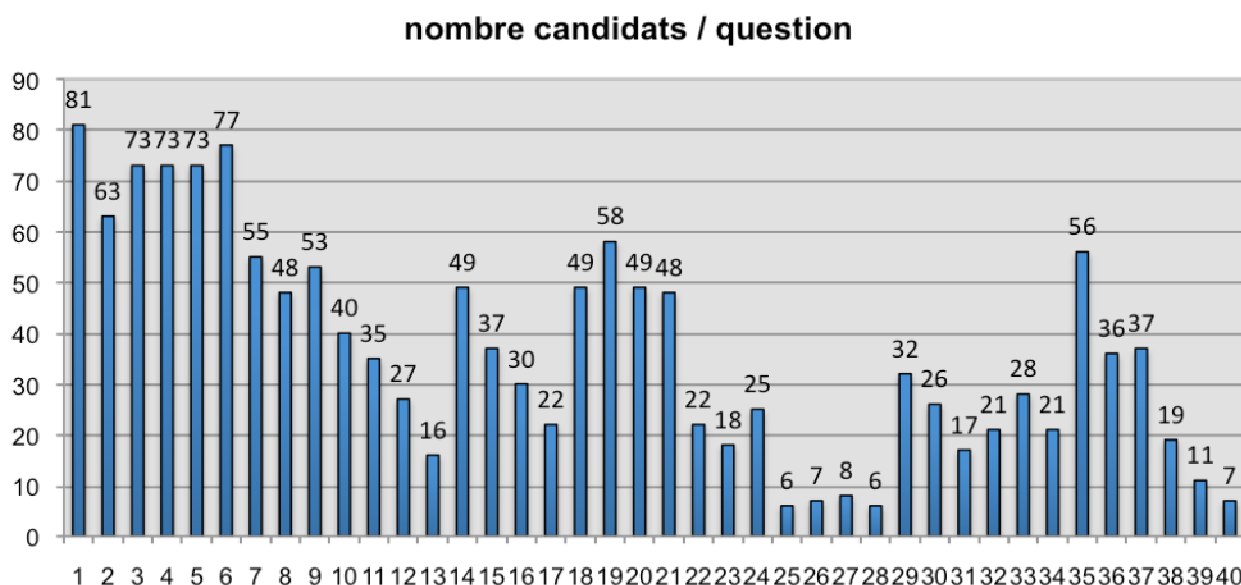
Cette partie du questionnement n'a été traitée que par un tiers des candidats. Visiblement, ces derniers ne sont pas attirés par la recherche de solutions constructives de la partie « effecteur » du système à concevoir. Les candidats, ayant une culture des solutions et inventifs, ont bien réussi les premières questions de cette partie. Pour les questions suivantes relatives à la définition géométrique d'une pièce d'un sous-ensemble, les réponses formulées sont décevantes car malgré une démarche complètement décrite, les résultats montrent une méconnaissance du concept de surfaces fonctionnelles, de contraintes géométriques et du codage normatif. Pour le moins, le jury conseille aux futurs candidats de maîtriser davantage les méthodes d'analyse géométrique des systèmes mécaniques. Quant à la notion de squelette de maquette CAO, les candidats n'ont pas mieux

réussi cette question ; cela a été un handicap pour eux de conduire l'étude de définition géométrique jusqu'à son terme.

Partie 5

La première question sur la stabilité de l'engin a été traitée par un peu moins des 2/3 des candidats avec plutôt une bonne réussite. La suite a eu moins de succès. La réduction de la fonction de transfert en boucle ouverte a posé des problèmes à certains candidats ; d'autres n'ont pas suffisamment démontré le résultat donné dans le sujet en affirmant sans véritable explication comment ils y parviennent. Le passage radian/degré a également été oublié. Le calcul de la précision a été tenté avec peu de succès. Le calcul de la stabilité de la commande a rarement abouti. La proposition de solutions pour limiter la charge, si elle a été peu traitée, a conduit à de bonnes solutions. La question de synthèse n'a que peu et médiocrement été traitée.

Analyse du nombre de candidats ayant abordé les différentes questions



4. Conclusion

Même si le sujet était long et relativement large dans l'éventail des connaissances sollicitées, certains candidats se sont montrés très à l'aise avec un très bon taux de réussite. Au-delà du fond, il faut signaler également que, sur la forme, la rédaction de la copie doit être soignée car la compréhension des réponses du candidat en est facilitée et la qualité de communication est exigible dans un concours de recrutement de professeurs.

On ne peut qu'encourager les futurs candidats à lire et relire les différents rapports des jurys de l'agrégation afin de bien comprendre ce qui est attendu dans cette épreuve dont l'évolution se tourne vers une analyse et une conception de systèmes pluritechniques et ne traite plus uniquement que de leur aspect mécanique.

Agrégation de Mécanique Session 2010
épreuve : analyse et conception de systèmes

