

Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Présentation du sujet

L'épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur de la session 2017 est construite sur l'analyse partielle d'un simulateur de vol développé pour réduire le coût de la formation des pilotes dans les aéroclubs. Cinq heures de simulateur peuvent en effet être validées comme des heures de vol en solo sur avion réel. La fonction du simulateur est donc de contribuer à la formation des élèves pilotes en leur offrant, de plus, la possibilité de se mettre dans des situations délicates de vol en toute sécurité, indépendamment des conditions météorologiques.

L'objet de l'étude proposée aux candidats est une validation partielle de la capacité du simulateur à reproduire les conditions de vols sur un avion qui équipe de nombreux aéroclubs : le DR400 commercialisé par la société Robin.

En s'appuyant sur la démarche de résolution d'un problème de sciences industrielles de l'ingénieur, le sujet est organisé en trois parties rédigées avec une progressivité dans les difficultés, donnant ainsi la possibilité à tous les candidats de mobiliser et de valoriser les compétences acquises. Ces trois parties principales sont précédées d'une vérification de la pertinence économique de l'utilisation du simulateur. Elles se terminent par deux questions qui mobilisent les compétences de synthèse des candidats.

La première partie est consacrée à la validation partielle de la capacité du simulateur à restituer les accélérations mesurées dans les conditions de vol réel par l'analyse de l'écart entre l'accélération mesurée en vol et l'accélération obtenue sur le simulateur.

La deuxième propose aux candidats de valider une architecture cinématique, des paramètres angulaires et le choix de composants retenus par le constructeur au moyen de critères portant sur l'obtention du mouvement de tangage.

Enfin, la troisième partie, plus longue, est finalisée par l'étude de la commande d'un mouvement de tangage. Ainsi après avoir identifié et quantifié les paramètres cinématiques et de frottement du système nécessaires à la modélisation, le candidat doit proposer un modèle de comportement dynamique des chaînes d'actionnement afin d'en valider les performances.

Analyse globale des résultats

Les grandes thématiques du programme (géométrie, cinématique, théorie et modélisation des mécanismes, quasi-statique, énergie-puissance, asservissement) sont équitablement distribuées dans l'étude proposée.

Les prestations des candidats suscitent de la part du jury quelques remarques générales, dont la plupart sont similaires à celles des années précédentes, et quelques remarques spécifiques à cette session :

- les meilleures notes sont attribuées aux candidats qui montrent de réelles capacités à analyser, modéliser, calculer, critiquer et à communiquer par écrit ;
- les réponses données sans aucune justification n'ont pas été prises en compte par les correcteurs. Les pages de « verbiage écrit » doivent être remplacées par des explications claires et concises, appuyées sur des schémas *pertinents* ;

- les résultats numériques sans unité sont lourdement pénalisés. Le jury conseille aux candidats de prendre le temps de vérifier l'homogénéité des résultats, de faire les applications numériques lorsqu'elles sont demandées et d'en faire une analyse *critique* (ordre de grandeur, nombre de chiffres significatifs adapté) ;
- trop de candidats remettent des copies dont la qualité de présentation n'est pas du niveau attendu d'une copie de ce concours. Certaines réponses sont illisibles. Ces candidats ont été sanctionnés par les correcteurs. De plus, il est recommandé aux candidats d'indiquer le numéro des questions correspondant aux réponses qu'ils développent et de mettre en relief les résultats ;
- les réponses aux questions confirment la dérive constatée à la précédente session, du manque de rigueur dans les raisonnements et dans l'application des théorèmes. Le jury sanctionne bien sûr les fautes mais aussi les manquements ou insuffisances et les imprécisions ;
- les questions de mécanique (cinématique, quasi-statique) sont cette année, encore plus que les précédentes, mal traitées. Les candidats manquent de connaissances et de méthodes. Ils ne respectent pas les notations usuelles (absence du repère de dérivation, mouvements relatifs non précisés...) et aboutissent systématiquement à des résultats faux.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Contexte et étude préliminaire

Une très grande majorité des candidats n'a pas donné les réponses attendues à cette première question d'ordre économique qui ne présentait pourtant pas de difficulté particulière. Il y a certes quelques erreurs de calcul, mais la principale raison doit se trouver dans une lecture trop rapide du texte par des candidats impatients de commencer à rédiger leur copie. Le jury recommande de prendre le temps de lire avec attention, la mise en situation et les questions.

Partie 1 - Capacité du simulateur de vol à restituer des accélérations

L'objectif de cette partie est d'analyser des mesures prises en vol réel et sur le simulateur pour conclure sur la capacité du simulateur à mettre l'élève pilote dans les conditions de vol réel.

Cette partie, faisant l'objet des questions **Q2–Q5**, suscite les commentaires suivants.

De nombreuses réponses fausses sont dues à des erreurs de signe ou de projection vectorielle **Q2** et **Q4** ; ces questions n'auraient pas dû poser de problèmes aux candidats.

La question **Q4** propose aux candidats de prendre des informations sur un graphe et d'en déduire une vitesse angulaire. Bien que le jury ait accepté une importante plage pour la réponse, beaucoup de candidats n'ont pas obtenu une réponse correcte.

Le choix d'une approximation dans la question **Q5** semble avoir dérouté des candidats qui se sont lancés dans le calcul intégral alors que le jury attendait le calcul de l'aire d'un triangle.

Pour les questions **Q4** et **Q5**, le jury regrette également que les candidats ne répondent pas à la demande de conclusion car l'analyse du résultat est une étape incontournable de la démarche de résolution en S2I.

Partie II - Architecture et conception de la plate forme dynamique

Cette partie, questions **Q6–Q9**, propose aux candidats d'analyser une partie des solutions techniques retenues par le constructeur.

Les candidats qui ont trouvé des réponses fausses aux questions **Q6** et **Q8** se sont trompés de vecteur pour la vitesse angulaire ou ont fait des erreurs de calcul.

Le traitement de la question **Q7** est catastrophique. Le jury ne comprend pas pourquoi de très nombreux candidats n'ont pas tenu compte du caractère plan du modèle. Cette partie du programme semble délaissée en CPGE. De plus, on constate un manque manifeste d'analyse ou de réflexion sur l'identification des mobilités utiles et des mobilités internes dans le mécanisme.

Le question **Q8** portant sur le calcul d'un moment pour le dimensionnement des éléments constitutifs (vérins à gaz) a donné lieu à de nombreuses erreurs. Le jury constate que cette question est très bien traitée lorsque le problème est correctement posé par le candidat (système isolé, théorème, axe de projection...)

Par contre la question **Q9** a généré de nombreuses réponses intelligentes et argumentées. Le jury regrette cependant un vocabulaire technique souvent approximatif.

Partie III - Commande d'un mouvement de tangage du simulateur de vol

Cette partie, questions **Q10–Q25**, propose une analyse du seul mouvement de tangage pour en vérifier les performances.

La première sous-partie consacrée à la chaîne cinématique est assez bien traitée. Par contre, les justifications des questions **Q12** et **Q13** ne sauraient se limiter à une affirmation brutale mais doivent faire l'objet d'un court argumentaire structuré.

Les questions **Q14** et **Q15** relatives à la modélisation du comportement du générateur de consigne ne soulèvent pas de remarque particulière. Le jury souhaite cependant que les candidats simplifient au maximum l'expression finale et qu'ils apportent plus de précision à la lecture de graphes.

Les questions **Q16** et **Q17** sont assez bien traitées alors que la question **Q18** n'a été abordée que par quelques candidats qui souvent sont arrivés au résultat par un raisonnement contestable et sanctionné par le jury.

Les erreurs dans la réponse à la question **Q19** sont dues à une mauvaise utilisation du rendement qui laisse douter le jury sur l'appropriation par les candidats de la notion de pertes et du modèle de rendement.

Le jury n'a pas de remarque particulière pour les questions **Q20** et **Q21**. Il regrette que les applications numériques ne soient pas systématiquement réalisées. De plus, l'utilisation du rapport de transmission par certains candidats semble démontrer un manque de connaissances sur cette grandeur.

Les réponses à la question **Q22** sont à nouveau pénalisées par la difficulté à lire un graphe (pulsation et/ou marge de phase), à justifier avec précision la modélisation par un second ordre ou à la méthode à développer pour identifier le coefficient d'amortissement. Les conclusions **Q23** sur l'écart statique sont contrastées. Si une partie des candidats justifie la réponse avec précision, une autre partie non négligeable fait référence à des résultats directs du cours en évoquant la classe d'une fonction de transfert sans précision suffisante et font des confusions entre fonctions de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée. Même si une réponse précise était acceptée, le calcul rapide du gain statique en boucle fermée suffisait à conclure très simplement. Les analyses des marges de phase sont dans l'ensemble peu satisfaisantes.

Les questions **Q24** et **Q25** doivent mobiliser une analyse globale de la problématique. La réussite des candidats y est très variable. Manifestement, certains ont bien compris l'influence des divers paramètres et leurs interactions sur le comportement final. Beaucoup d'autres ne possèdent pas

cette compétence. De plus ils oublient de préciser qu'un correcteur intégral utilisé sur une FTBO de classe 0 en amont de la perturbation, n'annule l'erreur en régime permanent que si l'entrée et la perturbation sont des échelons.

Partie IV - Synthèse

Le sujet se termine tout naturellement par deux questions **Q26** et **Q27** qui devaient permettre aux candidats d'exprimer leur niveau de compréhension de la problématique posée et de conduire une analyse partielle de la pertinence de la solution à répondre au cahier des charges. De très nombreux candidats sont allés jusque là mais le résultat est assez décevant. Si la réflexion sur l'écart en régime permanent est généralement satisfaisante, elle ne l'est pas sur le trainage ni sur le temps de réponse du système.

Le jury attache une attention particulière à ces questions de synthèse et y valorise une argumentation précise et bien construite qui conduit à une conclusion pertinente. Les réponses banales, reprenant le texte du sujet ne présentent aucun intérêt.

Conclusion

Les sujets de sciences industrielles de l'ingénieur sont construits autour d'une problématique industrielle. Découpés en plusieurs parties, ils proposent une progressivité dans la démarche de compréhension du système, d'analyse et de modélisation. Ainsi, les candidats qui papillonnent, en ne traitant pas le problème dans l'ordre, éprouvent davantage de difficultés à répondre aux questions. Le jury rappelle tout le bénéfice que les candidats peuvent tirer de la lecture complète du sujet avant de commencer la rédaction.

Les prestations fournies par les candidats à cette session ne sont pas aussi bonnes que l'avait espéré le jury. L'analyse des résultats confirme que le sujet n'était ni trop difficile, ni trop long. Avec peu de questions calculatoires, les candidats devaient mobiliser toutes leurs compétences pour conduire des analyses pertinentes et construire une réponse argumentée.

Cependant, comme chaque année, le jury se réjouit de trouver d'excellentes copies qui sont manifestement le fruit d'un travail soutenu et de compétences affirmées. Par la qualité de leur prestation, ces candidats valident la longueur et l'adéquation de l'épreuve au public visé. Par leur exemple, ils encouragent les futurs candidats et leurs formateurs à persévérer dans la voie de l'excellence de la préparation.

Enfin pour cette année, le jury regrette de trouver en trop grand nombre des réponses complètement erronées (des avions qui volent en reculant, des degrés d'hyperstaticité de plusieurs dizaines, $\cos \theta = 400$, etc.) qui ne devraient pas se trouver dans des copies de candidats aux grandes écoles. Aussi, lors de la prochaine session, des questions spécifiques permettront d'apprécier la capacité des candidats à analyser la pertinence d'un résultat.