

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C

HELICOPTERES LEGERS

Durée : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur l'analyse d'un effecteur de perçage à assistance vibratoire commandée par un actionneur piézoélectrique. Le sujet était composé de 4 parties : l'analyse énergétique globale de la cellule (déplacements, vitesses, puissances), ainsi que les phénomènes de perçage nécessitant un nez d'accostage pour le bon déroulement de l'usinage (calcul de déformées...) ; analyse de l'assistance vibratoire au perçage (cinématique, fréquence, amplitude) ; analyse de l'effecteur de perçage (cinématique, hyperstatisme, commande électronique, dessin de solutions technologiques) ; industrialisation d'une des pièces (analyse des procédés et du contrôle de la pièce).

- La **PARTIE I** (20%) analysera, à partir des dimensions de la structure à percer, les besoins, contraintes et performances à imposer à la base mobile (VGA / véhicule à guidage automatique) pour satisfaire les fonctions « positionner le robot par rapport à la pièce », « assurer la stabilité de la cellule pendant le processus de perçage » et « accostage ». Cette dernière fonction est nécessaire pour le bon déroulement de l'opération de perçage lorsqu'on perce un empilement de tôles déformables ;
- La **PARTIE II** (15%) étudiera une fonction exigée pour certaines opérations de perçage, nécessaire pour la fonction « fragmenter les copeaux ». Elle consiste à superposer à un mouvement d'avance du foret (classiquement de vitesse constante), des oscillations d'amplitudes et fréquences contrôlées, afin de provoquer des entrées et sorties successives de l'outil dans la matière ;
- La **PARTIE III** (45%) étudiera la cinématique de l'effecteur de perçage, en proposant des études visant le fonctionnement des deux méthodes de génération d'oscillations, la chaîne de commande d'un des actionneurs intégrés et la conception d'une liaison cinématique importante pour le bon fonctionnement de l'effecteur ;
- La **PARTIE IV** (15%) portera sur la fabrication et le contrôle de spécifications d'un des composants de l'effecteur.

Chaque partie pouvait être traitée indépendamment des autres, à condition de lire attentivement l'énoncé. Quelques questions étaient « à tiroir » au sein des parties mais cela restait marginal et permettaient toutefois d'appréhender le raisonnement global des candidats face à la construction du sujet.

COMMENTAIRES GENERAUX

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, ses aspects commande/contrôle et son industrialisation. Les compétences attendues concernent tout d'abord : l'analyse et la vérification des performances attendues de systèmes ou sous-systèmes à partir de modélisations (dessin de définition, modèles analytiques, schéma cinématique...). L'analyse a été segmentée en démarrant par la structure globale du système (base mobile + robot + effecteur de perçage) pour aboutir à l'analyse du comportement interne de l'effecteur de perçage lui-même. Dans un second temps, les compétences attendues concernent les 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. Certaines questions théoriques étaient « classiques » par rapport aux sujets des années précédentes (entre autres les questions d'industrialisation de la partie IV). D'autres, également « classiques », demandaient un raisonnement simple du système étudié (ex : mécanique du solide, analyse énergétique, analyse de l'hyperstatisme...). D'autres (environ une dizaine en partie II et III) demandaient une réflexion plus fine et une certaine compréhension du système. La moyenne de l'épreuve est de 5,45/20 (écart type 2,64) alors que les réponses aux questions purement théoriques (sans avoir besoin de comprendre le système d'étude) permettaient d'approcher les 6/20. Le sujet traitait un système dynamique a priori complexe mais des descriptions préliminaires, à chaque partie, avec des compléments d'information détaillés, fournissaient des éléments importants nécessaires pour aborder les questions. Il fallait pour cela que les candidats lisent avec rigueur le sujet. 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 : Compréhension et analyse macroscopique de la cellule robotisée et de l'interface robot / structure à percer

Cette première partie avait pour but, dans un premier temps (A), de comprendre le fonctionnement global du système (base mobile + robot + effecteur de perçage) dans son environnement global autour du nez de l'avion. L'idée était d'analyser les caractéristiques globales de déplacement, vitesse et accélération pour le perçage de l'ensemble du nez de l'avion. Paradoxalement, pour des questions simples de mécanique du solide seuls 57% des candidats ne donnent pas de réponses (ou des réponses totalement fausses) à ces questions.

Dans un second temps (B), les questions portaient sur la notion de précontrainte générée sur les tôles par l'accostage de l'effecteur. A nouveau, outre la question 10 pour laquelle la réponse était dans les documents ressources, 39% des candidats présentent une mise en équation correcte pour 2 ressorts en parallèle avec précharge. Seule la forme littérale était demandée.

Partie II : Compréhension et analyse de la cinématique du perçage à assistance vibratoire

Il s'agissait ici de comprendre le mécanisme d'oscillation nécessaire à la fragmentation du copeau. Cette partie peu classique débutait par trois questions purement théoriques de manipulation des équations. Elles ont été très bien traitées.

Les deux dernières questions d'analyse, qui demandaient aux candidats d'interpréter et donner un sens physique à ces résultats, ont eu moins de succès.

Partie III : Compréhension et analyse de l'effecteur

Cette partie était la plus importante du sujet et était divisée en 5 sous-parties pour aborder l'analyse cinématique globale de l'effecteur de perçage, l'analyse cinématique pour la création des oscillations par les deux moteurs, l'analyse des oscillations fournies par le matériau piézoélectrique seul, de sa commande, pour terminer par des éléments de conception mécanique de la solution.

La section (A) était relativement facile dès lors que le schéma cinématique et les caractéristiques du « flector » étaient donnés. La compréhension du dessin de définition n'était pas nécessaire, il ne donnait qu'une représentation spatiale pour ceux qui en avait besoin. Les questions théoriques relatives au calcul de l'hyperstatisme sont correctement traitées (64% de réponses), ce qui est largement moins le cas des 3 suivantes (19% de réponses). Cela montre un niveau assez faible d'analyse de mécanisme en dehors des formules classiques, souvent apprises par cœur et appliquées sans discernement ou tout simplement avec erreurs.

Dans la même logique, la section (B) débute par 2 questions théoriques portant sur la résolution cinématique du mécanisme dans un cas particulier (simple) et se termine par des analyses du

mouvement oscillant. Outre la 1^{ère} question, les résultats sont décevants encore une fois car les réponses théoriques (à partir des éléments donnés dans les documents ressources) ne préjugeaient pas de la compréhension de la lecture du plan.

La section (C) est peut-être la partie moins triviale si les candidats n'ont pas visualisé l'actionneur piézoélectrique au sein du système. Ceci-dit il est clairement introduit dans le sujet. Les résultats confirment (18% de réponses).

La section (D) traite de la commande de l'actionneur piézoélectrique. Cette partie est assez classiques depuis 4/5 ans et fait appel aux connaissances théoriques des candidats en électronique de puissance (pré-actionneurs). Les 3 premières questions étaient purement théoriques. Les 28% de réponse montrent que ces notions, soit ne sont pas abordées dans certaines classes préparatoires, soient ne sont pas maîtrisées par les candidats.

La section (E) pour finir aborde l'analyse critique des choix et du dimensionnement de la solution technologique retenue. Malgré des réponses correctes aux deux questions qui demandent une bonne lecture du sujet et des ressources, l'analyse mécanique demandée aux candidats dans les questions 39 et 40 est très décevante (16% de réponses). Cela montre un manque fort de compétences technologiques et à leur utilisation dans des solutions de conception de système.

Partie IV : Industrialisation de la fabrication d'un composant mécanique

Cette dernière partie bien que moins calculatoire est également décevante pour l'épreuve SIC qui doit traiter des relations produit-matériaux-procédés de manière plus profonde que les épreuves SIA et SIB. Elle couplait, dans les sections (A) et (B), des concepts de base classiques du concours (cotation GPS, traitements thermiques, gammes générales de fabrication...). A la vue des programmes, ces éléments ne peuvent aujourd'hui être traités que de manière théorique. Les questions sont abordées pas la majorité des candidats mais les moyennes sont très basses (7/20). A nouveau, et vue la récurrence de ce constat depuis plusieurs années, soit ces notions ne sont pas abordées, soit elles le sont mais pas suffisamment pour donner une maîtrise « matériaux / procédés / produits » aux candidats.

La section (C) abordait la théorie des petits déplacements pour analyser une spécification de la pièce. Elle était très similaire au sujet 2020. Néanmoins seuls 10% des candidats donnent une réponse pas totalement fausse. Encore une fois, ces questions étaient purement théoriques (équations vectorielles, écritures matricielles...), guidées par le sujet et indépendante de la compréhension du mécanisme.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

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, sans se faire peur avec des considérations sur la difficulté. Beaucoup d'éléments de compréhension, voire de réponses, sont donnés dans les documents. Il pourra alors, dans la mesure où beaucoup de parties sont indépendantes et à condition d'avoir cette vision globale de la problématique, 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, et de souligner les réponses (formules ou calculs). 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.

Les ordres de grandeur de longueur, de masse, de force ou de puissance sont à connaître pour éviter des résultats aberrants. **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 les fautes d'orthographe et de grammaire à répétition sont pénalisées.

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