

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI-A : MACHINE OUTIL A COMMANDE NUMERIQUE TRIPTEOR**

Durée : 5 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet se composait :

- d'une présentation et paramétrage du système étudié : 8 pages ;
- du travail demandé (parties B, C, D et E) : 23 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 26 pages.

Cette étude était l'occasion de traiter quatre parties indépendantes, elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- **la Partie B** : Analyse fonctionnelle proposait de définir le fonctionnement global du système et d'analyser les mouvements autorisés par les liaisons.
- **la Partie C** : Fonction Permettre un arrêt d'urgence, s'appuyait sur une description par équations Booléennes et tables de vérité du fonctionnement sécuritaire du système. Le candidat était invité à réfléchir à la robustesse de cette fonction (redondance, autocontrôle).
- **la Partie D** : Fonction Imposer une vitesse d'avance avec précision : Après la détermination de la cinématique d'un axe et l'étude de la pertinence des choix effectués, on demandait de poser le problème en dynamique afin d'obtenir une première image du comportement du système. Le candidat devait développer ensuite un modèle de la boucle interne de couple ; le simplifier puis s'interroger sur les effets de cette simplification. L'intégration dans une boucle de vitesse mettait en œuvre le placement d'un correcteur série, la prise en compte technologique du capteur de vitesse puis la comparaison entre le modèle simplifié, le modèle complet et le système réel ;
- **la Partie E** : Fonction Contrôler le déplacement d'avance avec précision, s'intéressait au bouclage en position du bras. L'amélioration de la précision était traitée avec différentes stratégies que le candidat était amené à analyser et critiquer.

**COMMENTAIRES GENERAUX**

Le sujet abordait au travers de la résolution de problèmes techniques, une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de C.P.G.E.

Les quatre parties étaient indépendantes et dans chaque partie de nombreux résultats intermédiaires permettaient aux candidats de poursuivre leur épreuve.

Une des nouveautés cette année était la mise en place d'un cahier réponse. Celui-ci a permis de formater la présentation des copies et de pouvoir naviguer de manière plus simple entre les différentes parties du sujet (pas de parties négligées dans les copies cette année). Il a toutefois été remarqué une facilité des candidats à ne donner que des réponses brutes. Ce cahier réponse ne doit pas contenir que des résultats et de la place était réservée pour permettre aux candidats de montrer le cheminement de l'obtention de la réponse. Les unités font partie intégrante de la question, la présentation des résultats également.

Une autre nouveauté est l'interdiction d'utiliser une calculatrice, ce qui ne semble pas avoir déstabilisé les candidats.

Attention aux « tentatives d'escroqueries » ! De nombreux résultats intermédiaires étaient fournis dans le sujet : certains candidats ont simplement recopié ces résultats dans les réponses aux questions les précédant ; le correcteur le constate immédiatement (le cheminement sur les questions précédentes est non-linéaire). Toute indulgence envers de telles pratiques constituerait

une injustice inexcusable.

La qualité graphique des constructions est importante (un temps de réponse à 5% ; un diagramme asymptotique de Bode). Les courbes doivent être annotées (échelles, valeurs, pentes...). Ces éléments graphiques sont utilisés pour leur plus grande lisibilité par rapport à une formulation mathématique : Ils doivent donc rester lisibles et ne comporter que les éléments nécessaires à la réponse à la question (le tracé d'un diagramme asymptotique ne doit comporter que les courbes asymptotique et certainement pas le tracé du pseudo diagramme réel qui ne fait pas partie de la question et souvent se trouve bien éloigné de la réalité : cela rend illisible l'élément graphique demandé).

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

### **Partie B : Analyse fonctionnelle**

On attendait dans cette partie que les candidats montrent leur capacité à analyser des documents, à en faire la synthèse et à tirer des conclusions sur le fonctionnement du système. Le diagramme SADT de niveau 0 n'a pas toujours été complété de façon logique, certains se contentant de relier horizontalement et au plus court les cases entre les entrées et les sorties. Le diagramme FAST partiel a généralement été complété sans trop d'incohérences. Le diagramme des liaisons a été construit avec une définition complète des informations sur les liaisons. On a pu constater que très peu de candidats persistaient à ne mettre que le seul nom de la liaison. Par contre, le calcul de l'hyperstatisme reste mal maîtrisé, entre une formule approximative ou une détermination du nombre de mobilité fantaisiste.

### **Partie C : Fonction Permettre un arrêt d'urgence**

Cette partie faisait appel aux connaissances sur les systèmes logiques (essentiellement traités en première année de C.P.G.E.) : Le résultat est relativement décevant. Les candidats ont-ils fait le choix de l'impasse sur cette partie du contenu du programme sous prétexte qu'elle n'est que rarement testée ? Cette partie était pourtant très simple et guidée par des exemples.

### **Partie D : Fonction Imposer une vitesse d'avance avec précision**

#### **Partie D1**

Dans cette partie, il était demandé d'analyser la cinématique de l'ensemble EXECHON dans un mouvement particulier et d'en déduire des relations entre les paramètres. Beaucoup trop de candidats ne savent pas effectuer proprement un produit vectoriel lorsque les vecteurs ne sont pas orthogonaux. La somme des torseurs est parfois réalisée directement composante par composante sans tenir compte du point de réduction. Enfin, on trouve toujours des candidats qui se croient obligés de projeter les vecteurs dans la base galiléenne, démarche inutile qui n'était pas demandée et source d'erreurs. Le signe des vitesses a trop souvent, voire presque systématiquement, été négligé pour le mouvement entre le plateau P4 et la pièce 14. La présence de la liaison pivot supplémentaire sur le bras B2 et de celles du poignet n'a pas toujours été comprise. Si la liaison pivot sur le bras B2 nécessitait qu'on sorte du mouvement proposé pour être comprise, l'utilité de celle du poignet auraient dû apparaître beaucoup plus clairement.

#### **Partie D2**

Les premiers calculs de géométrie de base ont souvent été traités de façon fantaisiste mais certains ont directement appliqué le théorème d'Al Khashi, avec plus ou moins de bonheur. Le reste des questions concernant le calcul des puissances n'est pas bien traité et l'application des formules restent inefficace. Quant au théorème de l'énergie-puissance, il est rarement précédé du système isolé, ce qui conduit à des expressions partielles et fausses. Il y a un gros manque de rigueur, les candidats se contentant d'écrire une formule sans préciser les hypothèses. Une des difficultés était de définir certains paramètres : très peu de candidats ont fait montre de cette capacité.

#### **Partie D3**

L'identification d'un 1<sup>er</sup> ordre (processus le plus simple faut-il le rappeler) est globalement mal traitée. Le gain statique se résume à la valeur de sortie, la constante de temps n'est bien souvent

pas mesurée à partir de l'application du stimulus en entrée. On peut penser que la culture de la recette montre ses limites quand l'échelon d'entrée n'est pas unitaire et que la réponse présente un retard.

Les candidats se partagent entre ceux qui connaissent la transmittance d'un retard et les autres. Dès que cette transmittance est connue généralement les candidats sont capables d'en extraire un développement limité produisant un pôle stable.

L'allure du diagramme d'un second ordre amorti ( $z > 1$ ) est connu par l'ensemble des candidats, les erreurs sont essentiellement le calcul des pulsations de coupures et dans de très nombreux cas leur placement sur une échelle logarithmique. On rappelle (Cf. commentaires généraux) que ces éléments graphiques sont utilisés pour leur plus grande lisibilité qu'une formulation mathématique : ils doivent donc rester lisibles et ne comporter que les éléments nécessaires à la réponse à la question sans les éléments de construction.

La phase d'un système retardé (donc l'argument d'un simple complexe) est ignorée par quasiment l'ensemble des candidats (l'analyse comparative entre modèle simplifié et système réel n'a donc quasiment jamais été traitée correctement)

#### **Partie D4**

L'utilisation de la relation fondamentale de la dynamique pour obtenir la transmittance donnant la vitesse de rotation en fonction du couple d'entrée a été majoritairement bien traité. Il en est de même avec l'analyse de capteur de position (Seule la transmittance donnant le nombre de tops codeur par tour soit  $2048/(2\pi)$  a dérouté les candidats).

Quand la notion de mode dominant est connue les candidats ont réalisé correctement le placement du correcteur qui était proposé.

Il est étonnant que plus de la moitié des candidats pensent qu'une réponse à un échelon d'un système du second ordre ne présente pas de dépassement quand  $z=0,7$ . Encore une fois, on peut penser que la culture de la recette montre ses limites.

L'analyse des  $t_{r5\%}$  a été trop peu réalisée de manière complète. Il suffisait de lire les temps sur les 3 courbes des modèles simplifié, complet et du système réel. Donc 3 fois la même démarche et de comparer les résultats : Comment se fait-il que la majorité des candidats n'analysent qu'une ou deux courbes sur trois ?

#### **Partie E : Fonction Contrôler le déplacement d'avance avec précision**

Beaucoup d'erreurs dues aux conversions d'unités (les candidats doivent lire ce que représente les variables (des m/min, des mm/s...)).

Le placement du correcteur de position a été bien réalisé.

Le critère de Routh est généralement connu par les candidats. Par contre il subsiste trop d'erreurs dans les différents calculs.

Les candidats qui maîtrisaient la notion de mode dominant dans la partie D4 ont là encore réalisé correctement l'analyse demandée.

La notion de classe d'un système est généralement connue et correctement manipulée (Attention toutefois à ceux qui confondent classe et ordre d'un système). Par contre l'effet néfaste de la divergence d'une action intégrale n'a quasiment interpellé aucun candidat (Ceux-ci maîtrisant par contre l'effet néfaste sur la phase).

L'anticipation de vitesse ainsi que le filtrage, quand ils ont été traités, on généralement été bien traités. Le temps semble avoir fait défaut : les concepteurs du sujet encouragent les candidats à conserver quelques minutes pour les dernières questions (dans ce sujet ces dernières questions étaient relativement abordables).

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

On conseillera encore une fois aux candidats de prendre le temps de lire la totalité du sujet pour

assimiler sa structure et repérer les parties qui leur semblent plus accessibles en fonction de leurs compétences propres. Il est important d'aborder toutes les parties du sujet, quitte à ne pas les faire complètement. Par contre, les correcteurs seront sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant ainsi des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par ci par là. Il ne faut pas oublier également que la gestion du temps reste essentielle dans une épreuve de concours.

On rappelle que le sujet peut proposer des études utilisant des compétences acquises au cours des 2 années de C.P.G.E. (dont la première...).

On rappelle que le cahier réponse ne doit pas seulement contenir des réponses mais le cheminement amenant à ladite réponse.

Même si la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation. Il est en effet impensable qu'un candidat qui souhaite montrer ses capacités ne le fasse pas dans les meilleures conditions, tout comme il chercherait à se présenter avantageusement lors d'un entretien d'embauche.