

# ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A DIRECTION AUTOMOBILE DÉCOUPLÉE

Durée : 5 heures

## PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 4 pages ;
- du travail demandé (parties A, B, C et D) : 17 pages ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 49 questions : 28 pages.

Le sujet, basé sur la phase de développement d'une direction automobile découplée, s'appuyait sur un modèle en cours de validation et adapté pour l'épreuve. Les différentes parties s'intéressaient à la construction et la validation du modèle dont l'architecture était fournie.

Les quatre parties étaient indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- la **Partie A** permettait d'appréhender la structure et l'architecture du modèle proposé ;
- la **Partie B** abordait la construction d'un modèle de l'unité de pilotage comportant une boucle d'asservissement. Puis on cherchait à déterminer et valider un correcteur permettant de satisfaire les exigences du cahier des charges ;
- la **Partie C** s'intéressait à la construction d'un modèle de type schéma blocs de la dynamique du véhicule en virage puis de la structure mécanique de l'unité de braquage des roues.
- la **Partie D**, enfin, portait sur la motorisation de l'unité de braquage des roues et la synthèse du correcteur proposé afin de satisfaire aux exigences du cahier des charges. Une simulation du modèle obtenu permettait de conclure sur la faisabilité de la solution envisagée.

## COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Le sujet permettait aux candidats de mettre en œuvre une large part des compétences du programme de première et de deuxième année de CPGE, développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

La construction du sujet assurait aux candidats d'aborder les problématiques chacune quasiment dans leur ensemble du fait de leur indépendance et de résultats intermédiaires permettant de ne pas être bloqué dans la progression du traitement de chaque partie. Cependant, quand un résultat est donné dans le sujet, les correcteurs attendent la méthode permettant de l'établir.

Les calculs numériques étaient très réduits par l'utilisation de valeurs numériques simples et l'utilisation d'abaques. Il n'en reste pas moins que l'absence de calculatrice ne peut expliquer des erreurs grossières de calcul ni l'oubli de l'unité du résultat.

On trouve encore des copies dans lesquelles le candidat récite son cours sans chercher à résoudre la question. Rappelons que les compétences ne sont pas de simples connaissances.

Les copies sont, en général, bien présentées (le formatage par cahier réponses aide en ce sens très certainement). Quelques candidats utilisent cependant le cahier réponses comme brouillon et écrivent les réponses au crayon de papier de manière quasi illisible.

Pour finir, notons que comme chaque année, quelques excellents candidats ont su prouver leurs grandes qualités en traitant parfaitement la quasi-totalité du sujet.

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

### Partie A – ANALYSE ET MODÉLISATION DU SYSTÈME

Les questions élémentaires de cette partie permettaient aux candidats de montrer leurs compétences en analyse des systèmes. Il est étonnant que seuls quelques candidats connaissent la fonction « moduler » et le terme « préactionneur ».

### Partie B – MODÉLISATION ET OPTIMISATION DU COMPORTEMENT DE L'UNITÉ DE PILOTAGE

#### Partie B1 – Modélisation de la structure de l'unité de pilotage

La transcription d'un modèle donné sous la forme d'un schéma blocs en un schéma acausal n'a pas été réussie. Cette question montre que le principe n'est pas compris alors que la simple lecture ne semble généralement pas poser de problèmes.

#### Partie B2 – Modélisation du comportement du système mécanique

L'établissement de l'équation différentielle régissant le comportement du système mécanique puis son passage dans le domaine de Laplace a été diversement réussi notamment à cause de l'oubli du couple de frottement visqueux.

#### Partie B3 – Analyse et optimisation du comportement de l'unité de pilotage

Cette partie n'a pas été traitée par un certain nombre de candidats qui ont préféré traiter la partie C. Très peu de candidats ont vu que la FTBO était de classe 1 et les commentaires qui suivaient sur le correcteur PI étaient de ce fait erronés pour ce qui concernait les conclusions sur la précision. De nombreux candidats semblent ne pas savoir ce qu'est un gain statique et quelques uns confondent gain statique unitaire avec forme canonique.

Depuis plusieurs années, rares sont les candidats capables de calculer une erreur en régulation.

Concernant l'analyse de la stabilité, assez peu de candidats ont justifié leur réponse en s'appuyant explicitement ou pas sur la notion de correcteur à avance de phase. Beaucoup parlent de critères liés à la FTBF en les appliquant à la FTBO.

Les diagrammes de Bode ou les abaques fournis posent pour nombre de candidats des difficultés de lecture. Certains candidats allant jusqu'à essayer sans succès de faire les calculs plutôt que d'utiliser les diagrammes. Dans un autre registre, la mention « on donnera cette valeur pour la pulsation la plus haute » été bien souvent oubliée. On trouve également des candidats qui ajoutent la valeur initiale de  $K_i$  à la valeur trouvée par lecture du diagramme de Bode comme si ces valeurs étaient en dB.

Enfin la synthèse sur la démarche proposée pour satisfaire aux exigences du cahier des charges a souvent donné lieu à une redite des questions posées plutôt qu'à l'explication d'une démarche bien comprise.

### Partie C – MODÉLISATION DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE L'UNITÉ DE BRAQUAGE

Cette partie faisait appel à des compétences d'analyse et de modélisation d'une structure mécanique. Elle a été plutôt bien traitée globalement. La rigueur nécessaire à ce travail semble être en progrès chez de nombreux candidats, même s'il reste encore à faire.

La simple estimation visuelle du degré de mobilité du mécanisme proposé n'a pas été suffisante pour la majorité des candidats qui a aboutie à un degré d'hyperstatisme erroné. Une méthode d'analyse aurait permis dans ce cas une meilleure réussite.

Les calculs du moment  $M_{rp}$  et de la fonction de transfert du véhicule ont été abordés avec des fortunes diverses dues à des erreurs classiques et récurrentes. Il est à noter que la notion d'équations indépendantes n'est pas maîtrisée par de nombreux candidats. La dérivation d'un vecteur dans une base à laquelle il n'appartient pas pose encore problème à certains candidats, sans parler des vecteurs mis sous la forme d'une matrice colonne mais sans aucune indication de la base d'expression choisie.

Notons enfin que la notion de masse équivalente semble acquise par la majorité des candidats.

### **Partie D – Validation de la motorisation et synthèse du correcteur de l'unité de braquage**

Les équations régissant le comportement du pont en H et une machine à courant continu sont bien maîtrisées par quelques candidats, mais dans l'ensemble ce n'est pas le cas. Il faut noter que cette partie en fin de sujet a été peu traitée, mais que les candidats qui l'ont fait ont relativement bien réussi.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

On conseille de nouveau aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées (une durée indicative de 20 min est donnée dans l'introduction pour découvrir le sujet dans sa globalité). Cela permet d'une part de mieux gérer le temps imparti pour l'épreuve, de prendre du recul face à la problématique et enfin d'avoir un parcours de réponses aux questions plus harmonieux qu'un simple « picorage » des questions.

Ainsi, les correcteurs sont sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant alors des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par-ci par-là.

En termes de rendu d'épreuve, le cahier réponses ne doit pas être utilisé comme un cahier de brouillon (la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, mais elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation), ni se limiter à un simple catalogue de réponses sans justifications. Les conclusions de certaines questions ne peuvent être valorisées que si le candidat précise le cheminement qui l'a amené à ces dernières.