

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**SYSTÈME PAPILLON MOTORISÉ POUR MOTEUR ESSENCE INJECTION DIRECTE**

**DUREE DE L'EPREUVE** : 5 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 4 pages ;
- du travail demandé (parties 1, 2, 3 et 4) : 21 pages ;
- des annexes : 6 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 22 pages.

Ce sujet propose d'analyser, de modéliser et de valider certaines solutions choisies par un équipementier vis-à-vis de performances et de comportements désirés.

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

- la **Partie 1** propose une analyse partielle de la gestion du couple moteur : cette partie s'adosse, entre autres, à une description en langage SysML permettant de décomposer l'architecture et les éléments principaux composant un moteur à essence injection directe turbocompressé ;
- la **Partie 2** développe les modèles mécaniques nécessaires à la synthèse de la commande et des fonctions de diagnostic : une première étude mécanique permettait de modéliser les différentes inerties à ramener à l'axe du moteur à courant continu ainsi que de vérifier la tenue mécanique de certains éléments du réducteur ;
- la **Partie 3** aborde la commande en courant du moteur à courant continu et une commande en position du papillon en s'intéressant aux problématiques d'une commande numérique synthétisée par un modèle continu en utilisant la modélisation mécanique précédente ;
- la **Partie 4** s'intéresse aux fonctions de surveillance et diagnostic embarquées en analysant le comportement de la phase de test au démarrage du boîtier papillon représenté par des machines à état décrites en langage SysML.

**COMMENTAIRES GENERAUX**

Le sujet abordait au travers de la construction d'un modèle de comportement puis synthèse d'une solution, une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de C.P.G.E. Certaines questions plus ouvertes permettaient aux candidats de mettre en œuvre les compétences développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

Les quatre parties étaient indépendantes et dans chaque partie de nombreux résultats intermédiaires permettaient aux candidats de poursuivre leur épreuve. Les candidats, en règle générale, savent profiter de ces différents points d'entrées et ont balayé l'ensemble des parties.

Cependant, attention aux tentatives d'escroqueries : de nombreux résultats intermédiaires étaient fournis dans le sujet. Certains candidats ont simplement recopié ces résultats (les deux réponses temporelles du courant –continue et discrète- à comparer par exemple) dans les réponses aux questions les précédant et le correcteur constate immédiatement cette tentative (le cheminement sur les questions précédentes est non-linéaire) et n'a aucune indulgence pour celle-ci.

De même, une simple conclusion à une question de la forme OUI ou NON sans justifications ou explications de la démarche n'est pas recevable (analyse de réponses en regard d'exigences).

Les copies sont, en général, bien présentées (le formatage par cahier réponse aide en ce sens très certainement). Quelques candidats utilisent cependant le cahier réponse comme brouillon. On

rappelle que les résultats finaux doivent être encadrés.

On trouve des copies dans lesquelles le candidat récite son cours sans chercher à résoudre la question posée (la synthèse d'un correcteur ne se limite pas à l'étalage de quelques résultats issus d'un modèle d'ordre 2). Rappelons que les compétences ne se sont pas de simples connaissances.

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'EPREUVE

### Partie 1 - ANALYSE PARTIELLE DE LA GESTION DU COUPLE MOTEUR

L'analyse des premières pages de présentation d'une architecture moteur du sujet permettait de dégager les deux dynamiques des variables (lentes et rapides) ainsi que les différents équipements intervenant dans l'architecture d'un moteur à essence à injection directe turbocompressé.

Une grande majorité des candidats ne répond pas à la question, mais ne donne que les capteurs au lieu des éléments sur lesquels agissent les capteurs.

### Partie 2 – MODELISATION MECANIQUE DU BOITIER PAPILLON

Cette partie permettait d'étudier la dynamique du système pour vérifier le bon choix du moteur ainsi que le bon dimensionnement des pièces en mouvement.

L'étude du train d'engrenages est assez bien traitée dans l'ensemble, mais le calcul du moment d'inertie du disque suivant un axe diamétral conduit la plupart du temps au calcul erroné du moment d'inertie autour de l'axe central. L'axe de rotation du papillon n'a semble-t-il pas été visualisé.

Le calcul de l'énergie cinétique est assez bien maîtrisé. Le théorème de l'énergie-puissance l'est moins bien, notamment pour ce qui est du travail du couple résistant.

La double intégration d'une constante conduit presque systématiquement à l'oubli du facteur 0,5, ce qui pénalise les applications numériques qui suivent. L'obtention d'énergie cinétique de plusieurs méga-joules ou, au contraire, de quelques micro-joules n'embarrassent que peu de candidats.

Enfin, la confusion quasi systématique du diamètre primitif et du rayon primitif et le mélange des unités conduisent à des applications numériques fausses, quand les dernières questions de cette partie sont traitées.

### Partie 3 – COMMANDE EN POSITION DU PAPILLON

#### Partie 3.1 – Modélisation

Cette partie permettait de modéliser le hacheur pont en H qui alimente la machine à courant continu et de définir les constantes de temps intervenant dans le système.

Les calculs sont généralement assez bien traités, au signe près. Les conclusions sont néanmoins plus aléatoires. Ici aussi, l'obtention de valeurs de quelques kilo-ampères pour l'intensité maximale a peu ému.

#### Partie 3.2 – Synthèse de la boucle de courant

Une première question s'intéressait à la précision de la linéarisation d'une fonction exponentielle. La maîtrise des développements en série ne fait hélas pas partie de la majorité des candidats.

Les questions suivantes demandaient une manipulation d'un 1<sup>er</sup> ordre. Cette partie a été bien traitée par la majorité des candidats.

La suite de cette partie permettait d'obtenir un modèle discret du système basé sur une équation de récurrence d'ordre 1. Cette partie, bien qu'extrêmement guidée, a rebuté nombre de candidats qui ont préféré poursuivre leur composition sur les parties suivantes. Ceux qui ont pris le temps de suivre la démarche proposée ont montré leur capacité d'abstraction et ont bien répondu. On ne peut que conseiller aux futurs candidats de prendre le temps de lire les éléments fournis dans le sujet plutôt que de faire, semble-t-il, une recherche par mots clés et d'avoir une démarche manichéenne : *je sais le faire car déjà vu ou jamais vu donc je ne saurais pas faire.*

### **Partie 3.3 – Synthèse de la boucle de position de la MCC**

Les premières questions portaient sur la détermination de différents gains (capteurs, chaîne cinématique). Les résultats ne sont pas bons. On peut supposer que les candidats n'ont pas une représentation physique des différentes variables intervenant dans un système, mais qu'une vision calculatoire.

La simplification de modèles sur des considérations de dynamique des variables a été bien appréhendée ainsi que les calculs de fonctions de transfert.

La détermination de l'erreur en asservissement est bien traitée car les candidats s'appuient sur un résultat de cours. Par contre, la détermination de l'erreur en régulation est très généralement fautive. Bien souvent les candidats tentent d'appliquer un résultat de cours, mais de manière erronée plutôt que de poser le calcul ou d'appliquer les bonnes connaissances.

La question suivante était une synthèse d'un correcteur PI à l'aide d'un abaque. Trop souvent les candidats donnent quelques résultats d'un 2<sup>nd</sup> ordre sans répondre à la question.

On demandait enfin de faire preuve d'abstraction quant à des résultats fournis et le moyen de corriger le comportement du système. Cette partie a été très mal traitée, les candidats n'ayant généralement pas assez de recul quant au cheminement du sujet.

### **Partie 4 – FONCTION OBD (ON BOARD DIAGNOSIS)**

Une première question demandait la valeur du courant de maintien de la machine à courant continu liée au ressort de rappel. Très souvent les candidats ont oublié l'influence du réducteur.

La question suivante était une analyse de diagrammes SysML de machines à états. Les candidats qui ont pris le temps de se plonger dans cette analyse ont montré qu'ils ont su lire et comprendre le comportement de ces machines. On peut attribuer le manque de réponses ou de réponses de qualités correctes pour cette question au fait qu'elle était la dernière du sujet et que les candidats se seraient trouvés pris par le temps.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

On conseillera, 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. Cela permet d'une part de mieux gérer le temps imparti pour l'épreuve et de prendre du recul face à la problématique et d'autre part 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 terme 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.