

# ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A ROBOT BAXTER

Durée : 5 heures

## PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 3 pages ;
- du travail demandé (parties 1, 2, 3 et 4) : 22 pages ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 50 questions : 24 pages.

Le sujet est basé sur la phase de développement d'un robot collaboratif *-cobot-*. Ce robot a, entre autres, vocation à pouvoir travailler à la place d'humains et/ou en interaction avec des humains. Son architecture se rapproche donc d'un humanoïde pour la partie tronc et bras.

Pour pouvoir assurer ces fonctions de travail collaboratif, le robot doit mettre en œuvre différentes technologies visant à accroître la sécurité :

- Ne pas présenter de surfaces dangereuses pour l'humain (formes arrondies) ;
- Limiter les efforts et les vitesses de déplacement (articulations élastiques) ;
- Détecter les collisions.

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

- La **Partie 1** proposait une étude cinématique d'un bras du robot permettant de déterminer certaines grandeurs (positions, vitesses). L'étude montrait que le bras du robot était constitué exclusivement d'articulations construites avec des pivots, une modélisation en découlait.
- La **Partie 2** abordait la conception d'une articulation. Ces articulations ont la spécificité d'être élastique. Une conception de l'élément central de cette articulation, le ressort, était suivi d'une étude de l'asservissement en couple de l'articulation.
- La **Partie 3** s'intéressait d'abord à la modélisation de la motorisation de l'articulation puis à l'asservissement interne de cette motorisation pour générer le couple.
- La **Partie 4** enfin, permettait de vérifier le bon dimensionnement de la motorisation et de son variateur pour un point de fonctionnement.

## COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Le sujet permettait aux candidats de mettre en œuvre 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 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 uniquement la méthode permettant de l'établir.

De manière générale, les candidats abordent toutes les parties et balayent ainsi l'ensemble du sujet.

Les calculs numériques étaient très réduits par l'utilisation de valeurs numériques simples. 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. Certains candidats ont obtenu des valeurs numériques disproportionnées (des milliers

de Nm par ex.). Bien souvent ils ont précisé que leurs valeurs étaient, très certainement, erronées. Cette réaction est appréciée des correcteurs.

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

Les copies sont, en général, bien présentées (le formatage par cahier réponses aide en ce sens très certainement).

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 1 – ETUDE CINEMATIQUE D'UN BRAS DU ROBOT BAXTER***

La première question demandait aux candidats de réaliser le schéma cinématique du bras gauche. Les candidats ont très généralement bien réalisé cette question mais attention à la représentation.

Ensuite le sujet proposait une démarche très progressive de modélisation d'une partie du bras pour ensuite la valider. Cette partie demandait de la rigueur mais sans difficultés particulières. Beaucoup de candidats ont bien avancé sur cette partie. Par contre peu ont su analyser correctement les résultats d'utilisation du modèle (de simples réflexions permettaient de valider ou invalider le modèle trouvé).

### **Partie 2 – ETUDE D'UNE ARTICULATION ELASTIQUE DU BAXTER**

Une première partie permettait de dimensionner le ressort de torsion qui fait la spécificité des articulations de ce robot (SEA). Malgré le fait de donner beaucoup d'éléments, peu de candidats ont réussi à dimensionner ce ressort correctement.

La seconde partie permettait de mettre en place la commande du SEA. La détermination des 2 équations temporelles reliant les couples aux angles et accélération a mis en difficulté nombre de candidats. Cela a étonné les correcteurs. S'en déduisait l'apparition de 2 pôles imaginaires purs dont peu de candidats ont vu qu'ils faisaient apparaître un oscillateur. La partie réglage d'architecture de correction, classique, a été très souvent bien réalisée.

### **Partie 3 – ASSERVISSEMENT EN COUPLE DE LA MOTORISATION D'UNE ARTICULATION ELASTIQUE DU BAXTER**

Cette partie se décomposait en 2 sous partie.

Une première partie permettait de modéliser la motorisation par transformation triphasé-diphasé. Beaucoup d'éléments de modélisation étaient donnés et la démarche était très détaillée. Un grand nombre de candidats a réalisé une partie importante de cette modélisation. Les blocages sont généralement dû à des erreurs de manipulation en trigonométrie.

La seconde partie permettait de mettre en place une partie de la commande du moteur. La partie réglage d'architecture de correction, encore une fois classique, a été très souvent bien réalisée.

## **Partie 4 – VERIFICATION D’UN POINT DE FONCTIONNEMENT DE L’ARTICULATION DU COUDE**

Cette dernière partie faisait appel à des notions simples de mécanique et d’électrotechnique. Elle a été peu traitée et encore moins finalisée (est-ce lié au fait que c’était la dernière partie de ce sujet ?).

Les vecteurs de Fresnel et leurs manipulations sont, pour beaucoup de candidats, encore inconnus.

### **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 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 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 rigoureusement le cheminement qui l’a amené à ces dernières (« faire un TEC » ou « par application du PFD » ne suffisent pas).

.