

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI-A : TRAIN D'ATTERRISSAGE D'HÉLICOPTÈRE**

Durée : 5 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 5 pages ;
- du travail demandé (parties A, B, C, D et E) : 14 pages ;
- des annexes : 8 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 24 pages.

Cette étude était l'occasion de traiter une problématique de sciences industrielles pour l'ingénieur en cinq parties indépendantes constituées de nombreuses questions émaillées de résultats intermédiaires évitant les blocages :

- **la Partie A** (durée conseillée 40 min) proposait de décrire la structure topo-fonctionnelle du système en mettant en œuvre des outils d'analyse et de communication (diagrammes SADT et FAST). Cette description permettait d'appréhender les interactions entre les différents éléments constitutifs du système. Une analyse de l'architecture du système permettait de mettre en évidence les problèmes de rigidité et de justifier les choix du constructeur ;
- **la Partie B** (durée conseillée 1h30) s'attachait à construire un modèle de la structure de l'hélicoptère en vue d'appréhender son comportement en relation avec le cahier des charges ;
- **la Partie C** (durée conseillée 1h) consistait à déterminer les lois de comportement de la structure définie dans la partie B afin d'obtenir un modèle sous la forme d'un schéma blocs du comportement global de l'hélicoptère et du train d'atterrissage. Une simulation permettait d'observer la réponse à une sollicitation modélisant la phase d'atterrissage et de montrer que le cahier des charges n'était pas satisfait ;
- **la Partie D** (durée conseillée 45 min), s'intéressait à la solution mise en œuvre par le constructeur dans le but d'améliorer les performances du train d'atterrissage. Cette partie mettait en place un modèle du comportement de la chaîne fonctionnelle complète comportant un actionneur ajouté en parallèle à l'amortisseur initial ;
- **la Partie E** (durée conseillée 45 min), traitait de l'optimisation du réglage de la commande de la chaîne asservie modélisée dans la partie précédente. Une simulation permettait de conclure sur la réussite du réglage.

**COMMENTAIRES GENERAUX**

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

La progressivité des difficultés et quelques résultats intermédiaires devaient permettre à tous les candidats d'aborder l'ensemble du sujet. Globalement la construction de l'épreuve a amené un grand nombre de candidats à balayer l'ensemble des parties. En revanche il est regrettable que le cahier réponse soit souvent utilisé comme brouillon ou réduit à de simples résultats sans qu'aucune justification ni explication de la méthode utilisée ne soit clairement indiquée. Ceci pénalise les candidats qui par ailleurs savent traiter la question.

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

La qualité « graphique » des copies est globalement satisfaisante. Les candidats n'ont pas toujours pris soin d'utiliser les notations proposées, notamment pour les questions mettant en œuvre les connaissances de dynamique des solides. Le jury a tenu compte, comme il était précisé sur la page de garde du sujet, de l'effort de certains candidats à traiter dans sa continuité et correctement une partie entière. Un bonus de points a ainsi été attribué aux copies prenant en compte cette consigne.

Il est important de rappeler qu'un résultat numérique sans unité explicite n'a ni sens ni valeur et ne rapporte donc aucun point. Trop de candidats persistent cependant dans cette voie.

Sur un sujet qui ne présentait pas de difficultés majeures, mais qui balayait une partie importante du programme de seconde année, il ressort que de nombreux candidats n'ont acquis qu'une partie des connaissances. On ne peut qu'encourager les futurs candidats à travailler l'ensemble des connaissances, notamment dans l'optique des changements de programme qui prendront effet l'année prochaine.

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

### **Partie A – Analyse fonctionnelle et structurelle**

**Diagrammes SADT** : Cette question qui demandait une analyse fine du système, n'a pas été traitée correctement par de nombreux candidats.

**Diagramme FAST** : Cette question a été traitée par la majorité des candidats, mais avec les mêmes difficultés que pour les diagrammes SADT.

**Analyse de la structure mécanique** : La détermination du degré de mobilité est globalement correcte. En revanche trop peu de candidats n'ont considéré que la chaîne fermée dans le calcul du degré d'hyperstatisme. Quant aux propositions de modification du modèle pour qu'il devienne isostatique, elles dénotent bien souvent un manque de connaissances à ce sujet pour une part importante des candidats.

### **Partie B – Modélisation structurelle et comportementale**

Cette partie faisait appel à la mise en œuvre dans des situations basiques du principe fondamental de la dynamique. Il s'avère que les candidats, à quelques rares exceptions, ne jugent pas utile de procéder avec rigueur. Les notations sont souvent imprécises et les bilans d'actions mécaniques incomplets ou absents. Il s'en suit des erreurs graves comme l'apparition du couple de rappel dans le théorème de la résultante dynamique.

### **Partie C – Modélisation du comportement du train principal**

Cette partie menait à un modèle de connaissance du système sous la forme d'un schéma bloc afin d'estimer les performances du système et de préparer l'élaboration d'une commande permettant d'optimiser ce comportement vis-à-vis du cahier des charges.

La démarche était imposée par le sujet et quelques résultats intermédiaires permettaient de ne pas bloquer les candidats dans le traitement de cette partie. Il était donc attendu une grande rigueur dans l'écriture des équations issues du principe fondamental de la dynamique ou du théorème de l'énergie puissance, ce qui n'a pas été le cas pour de nombreux candidats.

### **Partie D – Modélisation d'une commande semi-active de l'amortisseur**

Cette partie proposait d'élaborer une commande asservie d'un amortisseur semi-actif implanté en parallèle du système initial.

L'identification du comportement de la servovalve n'a généralement pas posé de problèmes majeurs aux candidats. En revanche, l'analyse des risques d'instabilité d'une fonction de transfert montre soit une méconnaissance des critères, soit une confusion entre eux et ce pour une part importante des candidats.

La simplification de la fonction de transfert par l'analyse des pôles et des zéros a également mis en difficulté de nombreux candidats.

## **Partie E – Optimisation du correcteur de la commande de l'amortisseur**

Cette partie qui permettait de clore l'étude et le sujet a été abordée rapidement ou pas du tout. Les connaissances mises en jeu dans les questions étaient très classiques dans le domaine des correcteurs. Cependant seuls les meilleurs candidats ont apporté des réponses satisfaisantes aux questions posées.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est conseillé aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées. L'évaluation porte sur les compétences acquises en Sciences de l'ingénieur pendant les deux années de préparation (dont la première...).

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. Il ne faut pas oublier également que la gestion du temps reste essentielle dans une épreuve de concours.

Le cahier réponse ne doit pas être utilisé comme un cahier de brouillon, ni se limiter à un simple catalogue de réponses. Les candidats doivent se préparer à justifier le plus précisément possible les réponses apportées aux questions posées.

Il est également conseillé aux candidats de s'approprier les outils d'analyse et de communication. Le poids et l'impact sur la compréhension du sujet, de la partie consacrée à l'analyse du système est loin d'être négligeable. A ce sujet, l'outil SysML devra être connu pour les sessions futures.

Ne pas oublier que l'étude des performances d'un système asservi commence par s'assurer de sa stabilité. La connaissance du concept et des outils d'évaluation sont donc essentiels.

La recherche du comportement mécanique (cinématique, cinétique, dynamique...) des mécanismes doit s'appuyer sur des méthodes rigoureuses. Les notations doivent être précises et complètes et l'application d'un principe ou d'un théorème suppose la définition d'un ensemble isolé et la mise en place d'un bilan exhaustif des actions mécaniques.

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. Encadrer les résultats est de ce point de vue le minimum requis. 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.