

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI-A : SYSTÈME D'INSPECTION POUR TUBES DE GUIDAGE ou SYSTÈME**  
**ÉCLIPSE**

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) : 17 pages ;
- des annexes : 8 pages ;
- du cahier réponses à rendre avec la copie : 8 pages.

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

- **la Partie A** (durée conseillée 30 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 ;
- **la Partie B** (durée conseillée 45 min) s'appuyait sur une description du modèle de commande du système en logique séquentielle, spécifié en langage GRAFCET. Le candidat était invité à étudier cette description afin d'en déduire les durées des phases de l'inspection et de vérifier la fonction particulière "stop-reprise" ;
- **la Partie C** (durée conseillée 1h 15) abordait la validation du système d'accrochage de l'outil d'inspection à la perche de commande au travers de deux critères d'appréciation. Cette validation s'appuyait sur les outils d'analyse globale des mécanismes et ceux de la mécanique des mécanismes ;
- **la Partie D** (durée conseillée 1h), s'intéressait au système de régulation mécanique de la tension de la gaine flexible fixée à l'outil d'inspection. Elle nécessitait la mise en œuvre des outils de la mécanique des mécanismes et notamment ceux de la dynamique ;
- **la Partie E** (durée conseillée 1h 15), traitait, quand à elle, du choix et du réglage d'un régulateur d'une commande asservie en vitesse du déplacement de l'outil d'inspection par l'intermédiaire de la perche entraînée par le palan.

## **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 classe préparatoire. Certaines parties comportaient des questions plus ouvertes permettant aux candidats de mettre en œuvre les compétences développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

La progressivité des difficultés de chaque partie et quelques résultats intermédiaires devaient permettre à tous les candidats d'aborder les différentes problématiques proposées. Cependant, les copies montrent pour un grand nombre, que certaines parties sont pas du tout abordées (en particulier les parties A et B), soit par désintérêt, soit par méconnaissance des outils et/ou des concepts mis en jeu.

La qualité « graphique » des copies qui semblait globalement en amélioration les sessions précédentes s'est dégradée cette année. Il est donc important de rappeler qu'il est attendu, non seulement une écriture lisible et l'indication des questions traitées, mais aussi que les candidats utilisent les notations proposées et les symboles normalisés à l'exclusion de toute

autre notation personnelle qu'ils sont seuls à comprendre. Faut-il parler de l'orthographe ? ... Certains candidats persistent encore à ne pas traiter les différentes parties sur des copies séparées et à ne pas détailler et encadrer leurs résultats. Rappelons également qu'un résultat numérique sans unité explicite n'a ni sens ni valeur.

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

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

**Diagramme SADT** : Cette question est statistiquement peu traitée vis-à-vis des compétences attendues dans ce domaine. Pour les candidats qui l'ont abordée, c'est tout ou rien, le formalisme est connu ou pas. Au total, 36% des candidats n'ont pas obtenu de points sur cette question ! L'attention des correcteurs s'est portée sur la notion de circulation de flux au sein du diagramme et notamment sur le fait que la matière d'œuvre qui sort d'un bloc est bien cohérente avec celle qui entre, ainsi que sur la correspondance des niveaux A0 et A-0. Certains candidats ont éprouvé des difficultés à distinguer les tâches de commande des tâches opératives.

**Diagramme FAST** : Cette question a été traitée par la majorité des candidats (93%) et globalement de manière satisfaisante, ce qui montre que la lecture du diagramme et la compréhension de la structure du système ont été correctes.

### **Partie B – Analyse de la commande séquentielle du processus d'inspection**

#### **Estimation de la durée d'inspection d'un tube en mode automatique**

Un grand nombre de candidats ne possède pas le concept d'encapsulation (34% des copies). Pour les autres la notion d'évolution fugace ne semble pas maîtrisée et a conduit à de nombreuses erreurs.

Peu de candidats ont intégré le fait qu'un cycle d'inspection d'un tube comportait quatre passages et trois rotations de l'outil.

#### **Validation de la description du modèle de commande**

Cette partie nécessitait une bonne connaissance du langage GRAFCET. Peu de candidat ont montré cette compétence.

### **Partie C – Validation du système d'accrochage de la perche sur l'outil**

#### **Etude préliminaire d'un modèle simplifié**

Les liaisons proposées sont souvent nommées sans en préciser les caractéristiques géométriques, ou alors de manière incomplète. Le symbole de la liaison glissière a été trop souvent confondu avec celui d'une liaison pivot glissant. Quant à la notion de rang d'un système d'équations, il est ignoré par plus d'un candidat sur deux. On peut s'étonner d'une telle situation alors que le calcul du degré de mobilité d'un mécanisme est issu de ce concept.

Beaucoup de candidats pensent que le rang du système d'équations issues des relations de fermeture cinématique est égal au degré de mobilité. Citons également tous les candidats qui pensent sans doute que le degré de mobilité ne se calcule pas mais se devine ou encore est toujours égal à un. Le degré d'hyperstatisme est ensuite calculé sans toujours faire explicitement référence au degré de mobilité, quand on ne trouve pas, dans certaines copies, qu'un mécanisme dont on suppose les liaisons parfaites est isostatique.

#### **Etude du modèle associé à la commande d'un griffe**

Il est extrêmement difficile aux candidats qui "devinent" le degré de mobilité, d'imaginer que celui-ci puisse être nul et encore moins que le modèle du mécanisme soit alors isostatique.

La détermination de la liaison équivalente, dans le cas simple proposé, a donné lieu dans 70% des copies à des réponses erronées comme une liaison pivot, rotule ou encore linéaire rectiligne (réponse souvent donnée sans calcul) ou encore une nouvelle liaison "la linéaire annulaire à doigt".

Quant à ceux qui ont trouvé la réponse correcte, le schéma de la sphère-cylindre dans un plan perpendiculaire à l'axe n'est connu que de 10% de ces candidats.

### **Validation de la transmission de l'effort de commande**

Cette question ouverte, qui faisait appel aux compétences du candidat sur la notion d'arc-boutement, n'a été abordée que dans 5% des copies mais, quand elle l'était, était traitée correctement sauf pour les candidats qui pensent que le phénomène d'arc-boutement ne peut se produire que dans une liaison glissière.

### **Validation du temps d'accrochage**

Une question également ouverte qui, comme la question précédente, a été peu traitée (10%) mais qui, quand elle l'était, était traitée correctement ou au minimum donnait lieu à une démarche cohérente.

## **Partie D – Validation du système de maintien en tension de la gaine flexible**

### **Caractéristiques d'inertie**

Il était demandé aux candidats de restituer des connaissances de base sur les caractéristiques d'inertie de solides homogènes usuels. Les réponses obtenues sont très étonnantes. En effet on trouve des opérateurs d'inertie dont la matrice comportant un seul terme non nul et quand elle était diagonale, que le solide ait deux plans de symétrie ou soit de révolution, la forme de la matrice était identique. De même le moment d'inertie d'un cylindre autour de son axe est inconnu de 65% des candidats, alors que l'on pourrait penser que c'est un résultat "classique" et très souvent utilisé. On trouve également un nombre non négligeable de candidats qui confondent le moment d'inertie d'un solide avec le moment quadratique d'une section plane, sans parler de ceux qui donne l'image du vecteur rotation par l'opérateur à la place de l'opérateur lui-même.

### **Loi de comportement du ressort et de la gaine**

Cette partie, elle aussi élémentaire, a été globalement traitée correctement.

### **Analyse du point d'équilibre**

Cette étude, nécessitant la mise en œuvre des outils de la statique, est trop souvent, quand elle l'est, traitée sans aucune rigueur méthodologique, le système isolé n'est pas précisé, les actions mécaniques extérieures ne font pas l'objet d'un bilan rigoureux, le principe utilisé n'est pas énoncé. On retrouve dans la moitié des copies ayant abordé cette partie l'idée trop souvent répandue que le principe fondamental se réduit au théorème de la résultante qui, pour cette étude, ne permettait pas d'obtenir un résultat exploitable sauf à oublier des actions mécaniques extérieures "gênantes" comme certains candidats l'ont fait. Lorsque la démarche est valide, le résultat présente dans une immense majorité des cas des erreurs de signes ou des distances non conformes.

### **Recherche du comportement dynamique du basculeur**

Cette partie est peu abordée. Mettre en œuvre les outils de la dynamique des solides effraie visiblement les candidats d'une filière qui devraient pourtant maîtriser ces outils. Seul le quart des candidats a essayé de traiter cette partie et ceux là l'ont fait avec le même manque de rigueur que pour la partie précédente. On trouve cependant, quelques bonnes copies qui montrent les compétences manifestes acquises par ces candidats qui, non seulement utilisent le théorème du moment dynamique, mais justifient son utilisation et détaillent avec rigueur le calcul du moment dynamique.

Citons quelques candidats qui ont traités uniquement la question 35, montrant ainsi leurs connaissances dans le domaine de la résolution d'équations différentielles alors que la notion de rang d'un système linéaire leur était inconnue.

### **Validation du critère de tension maximale**

Cette partie permettait de conclure sur la validité du système en proposant une résolution à partir de résultats graphiques fournis. Les rares candidats qui sont parvenus à cette question l'ont traitée correctement.

### **Partie E – Réglage et validation du correcteur de la commande asservie du déplacement de l'outil par le palan**

#### **Recherche de la fonction de transfert de la boucle de courant et du moteur**

Cette partie a été traitée correctement par la majorité des candidats (75%). Le quart restant a bien souvent fourni des résultats numériques sans unité.

#### **Recherche de la fonction de transfert du mécanisme d'entraînement**

Dans cette partie, abordée par plus de la moitié des candidats, la question 43 réclamait l'application du théorème de l'énergie puissance. Bien que son énoncé soit connu, son application donne lieu à des réponses non justifiées et souvent erronées. En particulier la notion de rendement semble complètement déconnectée du calcul de la puissance développée par les interactions au sein d'un ensemble de solides. Au final, seul un candidat sur dix a correctement traité cette question.

Les calculs un peu longs de la question 46 ont visiblement découragés rapidement bon nombre de candidats.

#### **Modélisation du système**

Cette question qui cherchait à vérifier des connaissances élémentaires a donné lieu à 75% de réponses erronées. Que l'homogénéité des grandeurs physiques comparées soit nécessaire semble méconnue et que la dynamique d'un capteur doit être négligeable devant celle du processus commandé, parfaitement ignoré, alors que l'on retrouve cette notion dans les concepts de temps interne et externe du langage GRAFCET.

#### **Recherche des performances du système**

Beaucoup trop de candidats se sont contentés de ne vérifier que la précision. Rares sont les copies où la stabilité et la rapidité ont été vérifiées et encore moins la résistance aux perturbations.

#### **Recherche et validation d'un correcteur**

Cette partie montre que la majorité des candidats ont des connaissances éparses sur la correction des systèmes asservis, mais ont de grandes difficultés à utiliser ces connaissances pour s'inscrire dans une démarche cohérente. On constate que le diagramme de Black est très méconnu voire ignoré de très nombreux candidats.

Il est étonnant de constater que très souvent, un correcteur à action intégrale diminue le temps de réponse voire stabilise le système. Le correcteur à avance de phase a souvent été pris pour un correcteur à retard de phase ou un correcteur PID.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est conseillé 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 le 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.

Il est également conseillé aux candidats de s'appropriier les outils d'analyse fonctionnelle 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.

La recherche du comportement dynamique des mécanismes est globalement décevante. Les candidats issus de la filière PT ne peuvent en aucun cas faire l'impasse sur les aspects mécaniques (cinématique, cinétique, dynamique...). Il semble en effet que nombre d'entre eux n'ont pas acquis les compétences nécessaires pour commencer sereinement des études supérieures dans ce domaine.

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.