

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI-A : SYSTEME DE DISTRIBUTION A CALAGE VARIABLE**

Durée : 5 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 5 pages ;
- du travail demandé (parties I, II, III et IV) : 21 pages ;
- des annexes : 2 pages ;
- du cahier réponses à rendre avec la copie : 10 pages.

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

- la Partie I (durée conseillée 30 min) proposait une analyse fonctionnelle partielle externe et interne du système qui permettait d'appréhender les interactions entre les différents éléments constitutifs ;
- la Partie II (durée conseillée 2h) détaillait les aspects cinématiques et dynamiques avant de débiter l'étude du risque d'affolement de la distribution afin d'en déduire la puissance nécessaire au pilotage du système de déphasage puis de commenter les choix technologiques qui avaient été faits pour celui-ci ;
- la Partie III (durée conseillée 1h30) abordait le contrôle du système de déphasage et était l'occasion d'analyser les performances de celui-ci en termes de rapidité et de précision ;
- la Partie IV (durée conseillée 30 min), enfin, s'intéressait aux capteurs de position angulaire qui étaient utilisés, ainsi qu'à la technologie de multiplexage employée pour éviter un câblage électrique trop important dans le véhicule.

**COMMENTAIRES GENERAUX**

Le sujet couvrait une large partie du programme de première et de deuxième année de classe préparatoire. La qualité « graphique » des copies semble globalement en amélioration. Certains candidats persistent cependant à ne pas traiter les différentes parties sur des copies séparées et à ne pas détailler et encadrer leurs résultats (même si c'est explicitement demandé dans le sujet). En outre, le nombre de fautes d'orthographe et de grammaire reste inacceptable vu le niveau d'études des candidats : pour ne citer qu'un exemple, près d'un quart de ceux-ci répond à la question portant sur la définition d'un référentiel galiléen en écrivant « référentielle galiléen » ...

**COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'EPREUVE**

**Partie I – Analyse fonctionnelle du système de déphasage**

Diagramme APTE : la notion de phase de vie est mal maîtrisée, de même que la nécessité de caractériser les éléments du milieu extérieur. Pour certains candidats, ce permet seulement de ne pas en oublier ! Le vocabulaire de base n'est pas assimilé.

Diagramme SADT : la notion de circulation de flux au sein du diagramme semble être peu connue. Dans bon nombre de copies, on constate une confusion entre matière d'œuvre et données de contrôle, associée au fait que, pour beaucoup de candidats, une donnée de contrôle

du niveau A0 ne peut pas constituer la matière d'œuvre d'entrée d'un bloc de niveau inférieur. Sans parler des incongruités comme la puissance mécanique jugée être la matière d'œuvre d'entrée du bloc de transformation de l'énergie hydraulique. Globalement, seulement 3% des candidats ont complété le SADT de manière cohérente vis-à-vis des explications données.

## **Partie II – Modélisation mécanique système de déphasage**

### **Préliminaires**

Un tiers des candidats seulement donne une définition correcte d'un référentiel galiléen et plus de la moitié n'a pas déterminé la valeur numérique de la force d'inertie d'entraînement que « subit » la bielle, ce qui ne les empêche pas de conclure que celle-ci est négligeable...

À peine 15% des candidats ont su donner la bonne valeur du rapport de réduction entre la vitesse de rotation du vilebrequin et la vitesse de rotation de la poulie d'entraînement de l'arbre à cames alors que les explications du fonctionnement global du système de distribution étaient fournies dans l'introduction.

### **Calcul du régime d'affolement de la distribution**

80% des candidats ont su appliquer correctement le principe fondamental de la dynamique à un solide en translation rectiligne (la soupape), mais seulement 30% ont su mener correctement la détermination du moment dynamique de l'ensemble {Linguet - Galet}. Beaucoup de candidats commettent une erreur classique mais grossière qui consiste à utiliser le vecteur rotation d'un ensemble qui n'est pas indéformable.

Les questions portant sur la détermination de l'effort de contact au point I et sur la possibilité de voir un des contacts rompu ont été traitées correctement par environ 20% des candidats. Les trois questions suivantes, plus difficiles d'un point de vue calculatoire, n'ont pratiquement pas été abordées.

### **Analyse globale du mécanisme de déphasage**

Le graphe de structure (cinématique) ou graphe des liaisons est très diversement exécuté (environ 60% des candidats l'ont bien réalisé). En effet, certains n'y portent aucune indication, d'autres précisent seulement le point caractéristique s'il existe, ou encore uniquement le nom de la liaison, son symbole ou son torseur cinématique exprimé en un point et une base non précisée. Il est très courant de voir une « liaison glissière d'axe  $Ox$  » ...

Les candidats font preuve de trop peu de rigueur dans l'analyse des degrés de mobilité, ce qui conduit souvent à une détermination erronée du degré d'hyperstaticité. Le degré de mobilité n'est pas le nombre de paramètres de sortie du mécanisme. Doit-on rappeler que la recherche du degré de mobilité du modèle d'un mécanisme n'est pas seulement un jeu de devinette ou une affirmation fondée sur des « on voit que » ou encore « il est évident que » (même si cela était facile ici) mais peut s'appuyer sur une démarche rigoureuse que l'on attend par ailleurs d'un futur ingénieur. L'application de cette démarche était ici presque instantanée car aucun changement de point des torseurs cinématiques n'était nécessaire pour obtenir le système de 12 équations scalaires.

Dans la question 15, quand elle est abordée, les candidats isolent ceci ou cela, expriment le principe fondamental de la dynamique projeté ici ou là, sans qu'aucune stratégie de résolution ne soit précisée. Est-elle d'ailleurs imaginée ? Il semble que dans l'esprit des candidats, les calculs sont suffisants pour offrir une réponse à un problème. Ainsi, moins de 1% d'entre eux ont proposé une démarche cohérente vis-à-vis des relations demandées.

### **Étude de la liaison hélicoïdale**

Seulement 6% des candidats ont déterminé la bonne relation entre le pas de la liaison et l'angle d'hélice ! Les composantes de l'effort de contact n'ont été exprimées correctement que dans 11% des copies : on observe très clairement que le modèle de frottement de Coulomb n'est pas maîtrisé par l'immense majorité des candidats. À peine 1% des candidats

pense à utiliser une intégrale afin d'obtenir les composantes  $X_{14}$  et  $L_{14}$  de la représentation globale des actions mécaniques transmises par la liaison.

Enfin, moins de 0,5% des candidats a réalisé une analyse correcte de la réversibilité de la liaison hélicoïdale alors que ce thème est explicitement au programme.

### **Partie III – Contrôle du système de déphasage**

Les cinq premières questions ont été très bien traitées par la plupart des candidats, mis à part le calcul des valeurs numériques des coefficients : 70% des candidats ont les bonnes expressions des coefficients «  $a_i$  », mais seulement 21% ont obtenu les valeurs numériques correctes !

Seulement 3% des candidats ont appliqué correctement le critère de Routh (la plupart l'appliquent à la FTBO) ! Le critère du revers dans le plan de Black est très peu cité comme critère de stabilité, ce qui est d'autant plus étonnant que les candidats venaient de tracer le lieu de transfert de la FTBO dans ce plan. Quand il est cité, il consiste pour certains à vérifier que la courbe passe au-dessus ou en dessous du point critique voire passe à gauche ou à droite sans qu'à aucun moment il ne soit fait allusion au sens de parcours du lieu. Globalement, 27% des candidats ont appliqué correctement le critère du revers dans le plan de Black, mais moins de 1% ont su déterminer la valeur limite du coefficient d'amortissement assurant la stabilité du modèle proposé.

La suite de cette partie n'a pratiquement pas été abordée. La notion de mode dominant est quasiment inconnue (moins de 0,5% de bonnes réponses).

### **Partie IV – Capteurs et transfert d'informations**

#### **Capteur de position angulaire**

Environ 50% des candidats ont rempli correctement la table de vérité. Il semble que le terme « binaire naturel » ne soit pas associé à la notion d'écriture d'un nombre en base 2. Seulement 30% des candidats ont remarqué que les tableaux de Karnaugh étaient incomplets. Les questions 42 et 43 ont été bien traitées par le tiers des candidats.

#### **Étude du multiplexeur**

1/5 des candidats ont traité correctement les questions 44 à 46. L'analyse des fréquences relatives des signaux d'adressage par rapport aux signaux à multiplexer n'a été réalisée que par 1% des candidats.

#### **Étude du démultiplexeur**

Tout juste 6% des candidats ont traité cette partie qui était de loin la plus simple du sujet.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est conseillé aux candidats de prendre le temps de lire la totalité du sujet pour assimiler sa structure et détecter les questions qui leur semblent accessibles ou, au contraire, hors de leurs compétences *a priori*. Il est important de traiter toutes les parties du sujet, quitte à ne pas le faire complètement. En effet, un candidat ayant abordé partiellement toutes les parties se verra attribuer une note globale supérieure à celle d'un candidat qui n'aurait traité entièrement et correctement qu'une seule d'entre elles. La gestion du temps s'avère donc essentielle.

Les applications numériques sont des questions comme les autres et méritent la même attention et le même sérieux. Les résultats obtenus doivent être regardés d'un œil critique, notamment en ce qui concerne leur ordre de grandeur et le choix du nombre de chiffres significatifs. Tout résultat numérique donné sans unité ou simplement avec « USI » a été considéré comme faux, d'autant que de nombreux candidats (près d'un tiers) semblent persuadés que l'« USI » d'une masse est le gramme ! Ceci les a conduits à une force d'inertie

sur la soupape de l'ordre de 268 N, qu'ils se sont empressés de négliger devant les 1500 N des autres efforts mis en jeu.

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 cette année n'aient pas acquis la dextérité nécessaire pour commencer sereinement des études supérieures dans ce domaine.