

# EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C

## Système de propulsion oléopneumatique Hybrid Air

Durée : 6 heures

### PRESENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur l'étude du système oléopneumatique Hybrid AIR de propulsion automobile hybride, inventé par PSA. La problématique générale portait successivement sur :

- les besoins en stockage d'énergie pour assurer les performances attendues du système Hybrid Air,
- le fonctionnement cinématique du système hors phase de stockage/restitution de l'énergie (transmission de puissance, cinématique),
- l'étude et la conception partielle du train épicycloïdal (théorie des mécanismes, conception),
- la partie commande du système et la sûreté de fonctionnement (réseau CAN, machine électrique, système combinatoire),
- la conception et la fabrication d'un sous-système de la boîte de vitesse (cotation, traitements thermiques, définition de processus de fabrication).

Le sujet comportait cinq parties, dont les poids relatifs étaient les suivants :

Partie I.	Etude générale du système	25%
Partie II.	Fonctionnement cinématique interne	20%
Partie III.	Réalisation du train épicycloïdal	25%
Partie IV.	Commande du système et sûreté de fonctionnement	10%
Partie V.	Etude de conception et de fabrication de la transmission	20%

Chaque partie pouvait être traitée indépendamment des autres et comportait des sous-parties elles-mêmes indépendantes.

### COMMENTAIRES GENERAUX

Cette épreuve a pour objectif d'évaluer les capacités des candidats dans les domaines des sciences industrielles de l'ingénieur et, plus précisément, les aspects liés à l'analyse d'un système industriel et à la conception d'un sous-système mécanique. Les compétences attendues concernent :

- l'analyse, la prédiction et la vérification des performances attendues de systèmes ou sous-systèmes à partir de modélisations ;
- l'imagination, le choix, la définition et le dimensionnement de solutions techniques intégrant des contraintes du cycle de vie, en particulier celles d'industrialisation.

Le spectre des questions était relativement large mais le sujet ne se voulait pas difficile. L'objectif était d'une part de balayer des parties du programme qui n'avaient pas été abordées les années précédentes (réseaux de type CAN, intégration d'un traitement thermique dans une gamme), et d'autre part de revenir sur la maîtrise d'outils déjà évaluée récemment (calculs de travail, raisons des trains simples et épicycloïdaux, hyperstatisme, torseur de petits déplacements). Nous constatons que les parties nouvellement évaluées sont très décevantes dans l'ensemble. Il s'agit visiblement de parties du programme qui ont été peu abordées puisque les résultats montrent que le niveau d'acquisition « information » n'est pas atteint par les trois quarts des candidats. On peut également s'inquiéter du peu de réponses correctes sur les fondamentaux (énergie cinétique, formule de Willis, calcul d'hyperstatisme). A l'inverse, le

jury a apprécié la proposition systématique de solutions constructives dans la partie dessin industriel.

Finalement, l'épreuve a permis de classer les candidats mais les résultats restent, comme l'an dernier, faibles par rapport aux attentes du jury.

La répartition des notes des candidats reste satisfaisante.

## **COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE**

### **Partie I. Etude générale du système (taux de réussite : environ 30%)**

Cette partie proposait un raisonnement global sur la capacité énergétique du système de stockage. La première question sur le travail à fournir, servant à énoncer le besoin, demandait un simple calcul d'énergie cinétique qui pour un nombre non négligeable de candidats pose problème quant à l'application numérique. Outre les simples erreurs calculatoires parfois difficiles à détecter, les résultats en dizaine de MJ par exemple auraient dû attirer l'attention.

Les questions suivantes étaient relatives à la relation entre la quantité de diazote et la capacité énergétique. Le sens physique a fait un tri assez radical entre les candidats pour qui la notion de travail est comprise ou non. Certes, il ne s'agissait pas d'actions mécaniques entre solides rigides mais d'actions mécaniques malgré tout. Près d'un tiers des candidats a su tirer parti d'une interprétation correcte des graphiques proposés.

Enfin, la question sur l'évolution polytropique est une erreur de notre part, le barème a été adapté en conséquence pour ne pas trop avantager les candidats qui connaissaient cette définition.

### **Partie II. Fonctionnement cinématique interne (taux de réussite : environ 35%)**

En parallèle du stockage, la transmission Hybrid Air repose sur une transmission à variation continue. Les attentes de cette partie étaient de savoir établir la relation cinématique dans un réducteur épicycloïdal, comprendre le cheminement de la puissance en fonction des accouplements activés et bien entendu déterminer un rapport de transmission dans un réducteur ordinaire. La partie hydraulique n'était pas à étudier et la relation cinématique associée était donnée.

La question dont les réponses ont été les plus décevantes a été celle du réducteur épicycloïdal. Un nombre trop important de candidats semblait ignorer qu'il faut se placer dans un référentiel dans lequel les axes de rotation des roues dentées sont fixes pour utiliser le rapport des nombres de dent comme rapport des vitesses. Cela a conduit trop souvent à établir des relations cinématiques en désaccord avec l'expression proposée. Les candidats ayant conservé une expression fautive pour la suite n'ont pas été sanctionnés tant que cela ne conduisait pas à un fonctionnement aberrant. Cette question, plus traditionnelle que la partie précédente, n'a étrangement pas été mieux traitée.

Le reste de cette partie ne posait pas de difficultés particulières bien que le taux de réussite ne soit pas réellement satisfaisant. Le fait de trouver des rapports de transmission identiques pour le rapport long et le rapport court auraient dû alerter certains candidats.

### **Partie III. Réalisation du train épicycloïdal (taux de réussite : environ 35%)**

La théorie des mécanismes semble poser beaucoup de problèmes. L'étude du train épicycloïdal traitée dans ce début de partie montre l'utilisation de formules sans la prise de recul nécessaire. L'expression cinématique mentionnée dans la partie précédente aurait dû

aiguiller tous les candidats à proposer une mobilité cinématique d'au moins 2, ce qui n'est pas le cas. De même, la solution miracle pour réduire l'hyperstatisme semble être de remplacer une liaison pivot par une liaison pivot glissant. Quelques candidats ont cependant judicieusement tenu compte du torseur des petits déplacements de l'énoncé ou de la solution industrielle pour proposer de bonnes réponses.

La partie dessin a été globalement bien traitée ce qui a été fortement apprécié par les correcteurs. C'est la montabilité associée au respect d'un montage de roulement conduisant à une liaison rotule qui a posé le plus de difficulté. Mis à part ce point, les dessins étaient propres et les propositions correspondaient à des solutions classiques de montage de roulement.

#### **Partie IV. Commande du système et sûreté de fonctionnement (taux de réussite : environ 30%)**

Il s'agissait dans cette partie (Q21 à Q28), de questions portant sur le réseau de communication, la technologie des actionneurs et la sûreté de fonctionnement.

Concernant les questions liées au réseau CAN, (Q21, Q22, Q23), il s'agit visiblement d'une partie du programme qui a été très peu abordée et montre que le niveau taxonomique «information» n'est pas atteint par 90% des candidats. Ce type de réseau, sa topologie et ses propriétés leur sont complètement inconnus, donnant des réponses relativement farfelues. Les technologies des capteurs (effet Hall) et des actionneurs (moteur brushless) pourtant rencontrés dans les systèmes industriels et les systèmes didactisés rencontrés dans les laboratoires ne sont pas connues par la majorité des candidats. Par contre à force de questions répétées à chaque session, le fonctionnement des codeurs incrémentaux et absolus est maintenant bien maîtrisé.

#### **Partie V. Etude de conception et de fabrication de la transmission (taux de réussite : environ 40%)**

Cette partie avait pour objectif de sélectionner les candidats sur l'étude de la cotation de l'arbre primaire de la boîte de vitesses et sur son industrialisation.

La question relative à l'explication des spécifications géométriques (cylindricité, rectitude, battement) a été relativement bien traitée et participe pour beaucoup au taux de réussite de cette partie. Cependant, des erreurs persistent notamment sur les spécifications de formes dont l'absence de référence gêne encore des candidats pour décrire la zone de tolérance. A l'avenir, certaines spécifications étudiées seront sûrement plus difficiles afin de trier les candidats.

Les tolérances dimensionnelles sont encore mal expliquées dans la grande majorité des cas. Les notions de bi-points ou de distances locales ne sont pas connues. La question sur les états de surface étant hors programme, la presque totalité des réponses était erronée neutralisant la question.

Les réponses à la partie industrialisation ont été extrêmement décevantes cette année, alors même qu'elle s'appuyait sur des points du programme permettant d'aborder dans son ensemble une problématique d'industrialisation sans rentrer dans la description détaillée des opérations :

- « Proposer un traitement thermique en fonction d'un cahier des charges de pièce »
- « Justifier le positionnement d'un traitement thermique dans un processus de réalisation de pièces ».
- « Choisir ou justifier une cinématique de machine pour la réalisation d'un groupe de surfaces »

- « Techniques principales d'obtention des surfaces des pièces usinées (principe de génération et cinématique) *On se limitera aux procédés d'usinage et de rectification* »

Dans les faits, la grande majorité des candidats pensent que « rectifier » une pièce consiste à la modifier ; donc de l'usiner en tournage ; ne connaît pas la cinématique d'un tour 3 axes ou d'une fraiseuse 4 axes, propose d'effectuer le traitement thermique en dernier et ne sait pas ce qu'est une cémentation. Les résultats ont donc été catastrophiques même s'il faut souligner la qualité de certains paquets de copies.

Le programme en industrialisation a été modifié et ne s'appuie dorénavant plus sur des connaissances technologiques pointues pour décrire de façon détaillée des opérations d'usinage (choix des outils, matériaux et conditions de coupe, étude de la coupe, etc.) mais sur l'élaboration et l'ordonnement d'un processus de fabrication. Les questions portant sur l'industrialisation dans les épreuves des prochaines sessions iront en ce sens.

## **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est encore une fois conseillé aux futurs candidats de faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité. Il pourra alors, dans la mesure où beaucoup de parties sont indépendantes, débiter par les parties qui lui semblent les plus évidentes et avoir en mémoire les documents ressources qui lui sont proposés.

Bien que certaines questions soient culturelles, c'est aussi le raisonnement qui est pris en considération.

Enfin, il est fortement conseillé aux candidats de justifier brièvement mais systématiquement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé. Un résultat juste pouvant provenir d'une démarche fautive n'est pas pris en compte.

Les ordres de grandeur de longueur, de masse, de force ou de puissance sont à connaître. Les écritures soignées, l'utilisation de couleurs en particulier pour mettre en valeur les schémas et faire ressortir les résultats, sont très appréciées. A contrario, les explications confuses, contradictoires ainsi que l'excès de fautes d'orthographe et de grammaire sont pénalisés.