

SCIENCES INDUSTRIELLES III

(VOLETS DE PROTECTION THERMIQUE D'UNE SONDE SPATIALE D'OBSERVATION DE PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE)

Durée : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET

Les auteurs du sujet remercient la Société AER de leur avoir proposé un sujet réel, donné toutes les informations scientifiques et techniques nécessaires et d'avoir accepté jusque la remise en forme de certains documents techniques. A travers ses activités spatiales, cette Société a du développer une maîtrise des matériaux, des procédés d'obtention des formes et de la sûreté de conception. Elle donne une image actuelle de la technologie, avec ses composantes scientifiques, créatrices et matérielles.

Une sonde spatiale d'observation a pour fonction d'amener des instruments de mesure au voisinage de la planète cible, de récolter des informations et enfin de les transmettre aux centres scientifiques terrestres. Aucune de ces fonctions n'est réalisable sans composants optoélectroniques dont le fonctionnement n'est cependant assuré que dans une plage réduite de température. Il faut donc veiller à ce que, à tous les stades de vol de la sonde, la température de la structure sur laquelle ils sont fixés et à travers laquelle se propage la chaleur, par conduction, reste dans une fourchette acceptable. Dans le cas d'une sonde d'observation d'une planète du système solaire, avec une fenêtre d'observation, la température de la structure dépend de l'énergie qu'elle reçoit du soleil ou qu'elle dissipe vers le fond cosmique, suivant l'orientation de la fenêtre.

Le sujet s'appuie en particulier sur l'étude de la commande de "Volets de protection thermique d'une sonde spatiale d'observation de planètes du système solaire".

Ces volets ont pour caractéristiques principales d'avoir trois positions (ouverte, fermée froide et fermée chaude) d'être articulés à la structure par un mécanisme n'exigeant qu'une faible amplitude de commande et enfin d'être commandés par un moteur composé d'un actionneur à dilatation thermique et d'un amplificateur mécanique.

Le sujet a été construit en deux parties. Le poids de chacune des sous-parties, en pourcentage de la note théorique totale figure entre parenthèse.

PARTIE I : Etude d'architecture de l'articulation et de la commande des volets

I.1 : Solution avec volets en liaison pivot et commande électrique (6%). Elle comporte :

- une question de culture générale, une recherche de solution sous forme de schéma cinématique, une analyse sous forme de grafcet.

‘ Solution avec volets à articulations multiples et commande thermomécanique (30%) Elle comporte :

- une étude graphique géométrique, cinématique, statique de l'articulation entre volet et structure
- un pré-dimensionnement de l'actionneur thermomécanique
- une étude de l'allure de la came de commande du volet
- une étude des contraintes dans le ressort de rappel

Partie II

Conception de l'actionneur thermomécanique et de l'amplificateur mécanique.

II.1 Etude de la cotation fonctionnelle de SE1 (23%)

II.2 Réalisation du carter de l'actionneur (12%)

II.3 Étude constructive de l'amplificateur (sous-ensemble SE2) (30%)

COMMENTAIRE GENERAL DE L'ÉPREUVE

L'épreuve cherche à détecter l'aptitude du candidat à :

- utiliser sa culture scientifique pour replacer un problème technique dans un contexte général
- utiliser les outils de la mécanique (cinématique, statique, dynamique, résistance des matériaux) pour prévoir le comportement d'une solution technique
- utiliser les langages graphiques classiques pour imaginer des mécanismes (schémas cinématiques), analyser une commande séquentielle (grafcet), interpréter ou imposer des tolérances géométriques des pièces (cotation fonctionnelle), prévoir les modes d'obtention des formes géométriques des pièces en fonction de machines imposées (phases d'usinage) et enfin pour imaginer des formes géométriques de pièces assujetties à des contraintes fonctionnelles d'assemblage et de fabrication (étude constructive).

ANALYSE PAR PARTIE

Question I-1-a : Elle teste la culture scientifique du candidat et sa réflexion pour découvrir les mécanismes de transfert de chaleur dans l'espace essentiellement le rayonnement et la conduction. On remarque assez peu de réponses complètes.

Question I-1-b : Elle teste l'imagination du candidat et son aptitude à représenter un schéma cinématique. On constate que près de la moitié des solutions n'autorisent pas le mouvement demandé.

Question I-1-c : Simpliste, cette question n'est pourtant pas toujours comprise et donne parfois des réponses étonnantes.

Question I-1-d : Elle demande la construction d'un grafctet. Pour la majorité cet outil est opérationnel. Pour les autres l'outil est mal connu ou l'analyse incohérente.

Question I-2 : Elle demande une réflexion que peu de candidats ont menée sur la robustesse et la fiabilité d'un système faisant appel à moins de phénomènes physiques qu'un autre.

Question I-2 1-a : Elle demande de démontrer la propriété géométrique de figures simples afin de déterminer les positions extrêmes du volet. D'assez nombreux candidats ont menée une analyse géométrique correcte. C'est heureux, mais il reste encore de grands progrès à réaliser en géométrie.

Question I-2-1-b : Elle demande la détermination graphique d'une amplitude de commande des volets. En général bien traitée.

Question I-2-1-c : La vitesse d'un point du mécanisme étant imposée, elle demande de caractériser le champ des vitesses des points d'un solide. Peu de bonnes réponses sont données. L'équiprojectivité n'est pas toujours maîtrisée. De nombreuses erreurs ou confusions dans la localisation du centre instantané de rotation.

Question I-2-1-d : Une composante de résultante étant donnée dans une section droite d'une tige, elle demande de déterminer les actions mécaniques entre les autres solides de la liaison. Beaucoup de candidats ont voulu croire que la résultante complète était donnée, et se sont très vite enfermés dans des incohérences.

Question I-2-2-a : Les coefficients de dilatation étant donnés, elle demandait le calcul des variations de volume du réservoir, celui de l'huile et enfin le déplacement du piston pour une variation de température de un degré. De très nombreux candidats ont calculé la variation de volume de l'huile à l'aide de son coefficient de dilatation volumique. Très peu ont calculé la variation de volume du réservoir à l'aide de son coefficient de dilatation linéique. Cette question révèle parfois de graves méconnaissances dans l'utilisation d'un coefficient de dilatation voire dans la relation entre degrés Celsius et kelvin.

Question I-2 2-b : Elle demande l'explication fonctionnelle d'une forme géométrique. En général cette question a obtenu de nombreuses réponses correctes.

Question I-2 2-c : La forme géométrique du soufflet étant donnée, elle demande le calcul d'une section équivalente. Demandant un peu de finesse pour sa compréhension et un peu de technicité pour sa résolution, cette question n'a été traitée que par quelques candidats.

Question I-2-3 : Tous les paramètres étant donnés, cette question demande de donner l'allure de la came. En général elle reçoit des réponses correctes.

Question I-2-4-a : Elle demande le rôle du ressort de rappel. Peu de réponses précisent que la pression de l'huile produit le mouvement en s'opposant aux frottements lors d'une augmentation de température. Mais qu'en cas de refroidissement c'est le ressort qui produit le mouvement en s'opposant aux frottements car l'huile ne peut subir une pression négative sans changer de phase.

Question I-2-4-b : Elle demande le calcul de la force maximale subie par le ressort. Pour diverses raisons, soit de compréhension des éléments donnés, soit de mauvaise gestion des unités, seuls quelques candidats ont traité complètement cette question.

Question I-2-4-c : Elle demande la détermination du torseur des actions intérieures dans le ressort, de montrer qu'il subit principalement de la torsion et de calculer la contrainte de torsion. Très peu de candidats ont traité cette question.

Question II-1-a : Elle demande de choisir une tolérance dimensionnelle et d'en donner la signification. Étonnamment quelques candidats ne connaissent pas encore la définition d'une telle tolérance.

Question II-1-b : Une fonction technique de non collision étant donnée, elle demande de repérer et traduire les tolérances géométriques qui assurent cette fonction. D'assez bonnes réponses sont parfois données.

Question II-1-c : Inversement, deux tolérances géométriques étant données, elle demande de les traduire et d'énoncer les fonctions techniques qu'elles assurent. En général, pas de réponses sur les fonctions techniques.

Question II-1-d : Elle demande de représenter un calibre fonctionnel correspondant à une tolérance donnée. Quelques réponses seulement.

Question II-1-e : Une condition technique étant donnée, elle demande de faire un schéma sur lequel figure une tolérance de défaut de forme quelconque. Pas de réponse complète.

Question II-2-1 : L'usinage sur une machine outil à commande numérique, 3 axes, à axe vertical d'une surface de référence étant imposé, elle demande de préciser toutes les autres surfaces usinables, les outils utilisables, l'isostatisme de la mise en position de la pièce. Quelques bonnes réponses seulement.

Question II-2-2 : L'usinage sur une machine outil à commande numérique, 3 axes, à axe vertical, puis sur une MOCN, 3 axes à axe horizontal étant imposé, elle demande d'indiquer sur un schéma les surfaces usinées, de préciser l'isostatisme et le bridage et de préciser le sens d'accessibilité des outils.

Concernant les deux questions précédentes, beaucoup de candidats n'ont pas utilisé les silhouettes du Document VII qui sont à glisser sous les Documents transparents V et VI et permettent un fort gain de temps de dessin.

Beaucoup de candidats n'ont pas accordé une attention suffisante à la lecture des divers documents et ont souvent présenté leur méthode d'usinage personnelle du carter, sans tenir compte d'ailleurs des tolérances géométriques imposées.

Question II-3 : L'étude constructive de l'amplificateur demande une réponse graphique sur un calque pré-imprimé. Les problèmes essentiels sont liés à la petite taille de l'amplificateur, à la nécessité de guidages polyimides, au montage des arbres dans un bâti aux dimensions extérieures imposées.

Environ un tiers des candidats n'a pas traité cette étude constructive.

Quelques dessins se rapprochent de la solution industrielle caractérisée par des pignons arbrés dont la longueur de l'arbre est, pour en assurer le montage, légèrement inférieure à la largeur de l'espace intérieur du carter. Après sa mise en position chaque arbre reçoit ses deux paliers en polyimide, montés à force dans le carter. L'arbre intermédiaire, plus court, est lui aussi glissé à l'intérieur du carter. L'une de ses extrémités est mise en place dans son palier fixé dans le carter, son autre extrémité reçoit enfin son palier en polyimide, monté à force dans le carter.

On retrouve dans de nombreux dessins l'utilisation habituelle de la clavette, du circlips et de l'écrou SKF, voire même du roulement à billes. Quant au montage, il est généralement assuré par des chapeaux métalliques, au risque de dépasser l'espace alloué à l'amplificateur.

Plus précisément :

- la représentation de la position des différents pignons est souvent correcte
- la forme et le guidage des arbres sont souvent définis correctement
- le guidage de la crémaillère de sortie a très peu été défini correctement
- la forme du carter a été peu représentée
- la forme des goujons spéciaux d'assemblage n'a que très rarement été dessinée selon une logique fonctionnelle.

ANALYSE DES RESULTATS

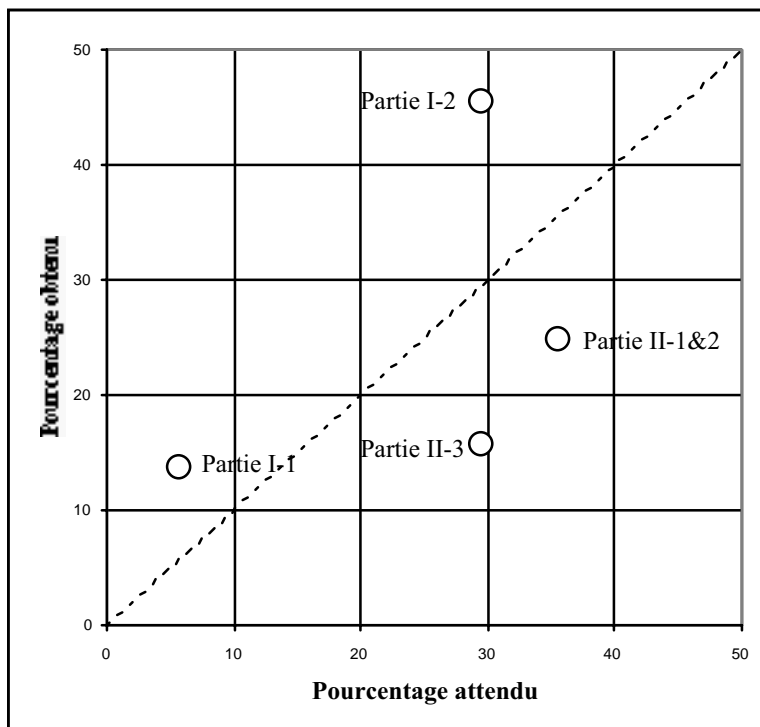
Le sujet a été décomposé en quatre parties :

Partie I-1 : contient les questions I-1-a à I-1-d (grafcet)

Partie I-2 : contient les questions I-2 à I-2-4-c (mécanique)

Partie II-1&2 : contient les questions II-1-a à II-2-2 (cotation fonctionnelle et fabrication)

Partie II-3 est l'étude constructive de l'amplificateur.



Le graphe ci-contre représente chacune de ces parties par un cercle. Son abscisse est le pourcentage des points que devait rapporter cette partie. Son ordonnée est le pourcentage des points qu'elle a effectivement rapporté, en moyenne, dans la note réelle.

Traitées par le plus grand nombre de candidats, les Parties I-1 et I-2 fournissent plus de points que prévu.

A contrario, moins souvent ou moins bien traitée, la Partie II a rapporté moins de points à la note réelle.

Poids réel des quatre parties en fonction de leur poids théorique (en %)

Quelques très rares candidats se sont fourvoyés dans cette épreuve sans une culture technique suffisante pour comprendre le sujet. A l'opposé, plusieurs dizaines d'autres ont réalisé une étude remarquable d'excellente qualité.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Le sujet de Sciences industrielles III a la particularité de devoir proposer "une étude inédite d'un objet industriel récent". Il exige un esprit large et polyvalent, mais aussi rapide et efficace compte tenu de la courte durée de l'épreuve.

Il devait être abordé avec un esprit ouvert, capable à la fois d'utiliser des lois de la physique, d'envisager des considérations pratiques de réalisation sur machine outil, prévoir des comportements à l'aide des outils de calcul classiques (cinématique, statique, RDM) et de proposer la conception d'objets utilisant parfois des matériaux et des moyens d'obtention ou de guidages ou encore de liaison très actuels.

Au vu du graphe précédent, le meilleur moyen, pour le candidat, d'améliorer son résultat est de s'entraîner à aborder les questions de cotation, de fabrication et de conception, tout en continuant à s'entraîner à l'utilisation efficace de l'outil performant de la mécanique classique, dont la Résistance des Matériaux fait, évidemment, partie.