

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C Robot de soutien technique polyvalent COLOSSUS

Durée : 6 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur l'analyse du robot de soutien technique polyvalent COLOSSUS destiné à intervenir dans les zones à risque. Le sujet était composé de 4 parties : analyse du fonctionnement général du robot (actionneurs, capteurs, stockage d'énergie), étude de la fonction déplacement et plus particulièrement le dimensionnement des deux boîtes de transmission (cinématique, statique, résistance des matériaux), industrialisation du demi-carter extérieur des boîtes de transmission (spécifications géométriques et dimensionnelles, couple matériau procédé, fonderie, gamme d'usinage, métrologie), conception de la liaison entre l'arbre moteur et le premier étage de la boîte de transmission (concevoir une pièce en optimisant le triptyque produit-procédés-matériaux, concevoir et dimensionner une liaison mécanique).

- La partie I (10% de la note finale) porte sur la compréhension globale du robot et de son fonctionnement, en s'arrêtant sur certains choix technologiques.
- La partie II (20%) porte sur le dimensionnement d'une des deux boîtes de transmission.
- La partie III (30%) porte sur l'industrialisation du demi-carter extérieur des boîtes de transmission.
- La partie IV (40%) porte sur la conception de la liaison entre l'arbre moteur et le premier étage de la boîte de transmission.

Chaque partie pouvait être traitée indépendamment des autres, à condition de lire attentivement l'énoncé. Quelques questions étaient « à tiroirs » au sein des parties, mais cela restait très marginal et permettait toutefois d'appréhender le raisonnement global des candidat.es face à la construction du sujet.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Cette épreuve a pour objectif d'évaluer les capacités des candidat.es dans les domaines des sciences industrielles de l'ingénieur.e et plus précisément les aspects liés à l'analyse d'un système industriel, à la conception d'un sous-système mécanique et son industrialisation. Les compétences attendues concernent tout d'abord : l'analyse et la vérification des performances attendues de systèmes ou sous-systèmes à partir de modélisations (dessin de définition, modèles analytiques, schéma cinématique...). L'analyse a été segmentée en démarrant par la structure globale du système et son comportement vis-à-vis de l'objectif de déplacement, d'emport et d'autonomie, pour aboutir à l'analyse de la transmission de puissance. Les compétences attendues concernent les choix, la définition et le dimensionnement de solutions techniques intégrant des contraintes du cycle de vie, en particulier celles d'industrialisation et dans une moindre mesure de développement durable.

Le sujet traitait d'un système mécaniquement très classique. Les descriptions préliminaires ainsi que les informations données dans les documents ressources fournissaient les éléments importants nécessaires pour aborder toutes les questions. Il fallait pour cela que les candidat.es lisent avec rigueur le sujet et les documents fournis.

La moyenne de l'épreuve est en amélioration par rapport à l'édition précédente, notamment grâce à la partie conception qui compte pour 40% de la note finale. En effet, cette partie dont la formulation des questions avait été modifiée afin de définir clairement le cahier des charges vis-à-vis des contraintes d'industrialisation, a conduit à des solutions assez satisfaisantes dans l'ensemble et à de nombreuses excellentes copies. L'écart type, également en nette augmentation, a permis à l'épreuve de jouer son rôle en classant efficacement les candidat.es. Cependant, le contexte « concours » ne doit pas faire oublier la maîtrise des fondamentaux en Science de l'Ingénieur.e que les étudiant.es doivent connaître.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie I : Vérification des performances du robot

Cette première partie avait pour but de justifier le choix de la motorisation électrique et des batteries au regard des performances attendues. Elle permettait d'aborder la technologie du moteur brushless à aimants permanents et du capteur angulaire de type resolver, le calcul de la puissance motrice selon le cahier des charges, la disposition des batteries et l'autonomie du véhicule.

La moyenne de cette partie est la plus faible des quatre parties de l'épreuve.

Elle montre de sérieuses lacunes concernant la technologie des composants des chaînes d'énergie et d'information, mais également sur des concepts tels que la nature d'un signal (analogique ou numérique) et d'une mesure (relative ou absolue).

Plus inquiétant, le calcul de la puissance motrice a donné lieu à de très nombreuses réponses erronées, tant sur la formulation, les unités et les ordres de grandeur. Un bon nombre de candidat.es a également considéré la présence d'un seul moteur et non de deux comme indiqué dans le sujet. Ce type de dimensionnement est pourtant une compétence de base de l'ingénieur.e en sciences industrielles.

Les calculs de la disposition des cellules dans les packs de batteries et de l'autonomie s'appuyaient sur les documents ressources et sur le calcul de la tension et de l'intensité de cellules montées en série et en parallèle. Ces questions ont également conduit à de nombreuses réponses erronées, voire farfelues.

En résumé, cette partie un peu moins classique que le reste du sujet a posé des problèmes à une majorité de candidat.es alors même qu'elle ne présentait pas de difficulté particulière.

Partie II : Transmission de puissance

Cette partie se voulait assez classique par l'étude d'un réducteur à engrenage.

L'expression littérale du rapport des vitesses dans un réducteur n'a, pour un peu plus de la moitié des copies, pas posé de difficulté. Cependant on pourrait s'attendre à moins de discrimination sur une question aussi simple. L'application numérique qui suivait a déjà posé plus de difficultés. Il est quand même appréciable que certains candidat.es ayant des résultats visiblement erronés aient émis des doutes sur la validité de leurs calculs.

Mais une fois passée la simple application de formules, très peu de candidat.es (env. 20 %) ont justifié un choix de dimensionnement mécanique basé sur la roue la plus chargée. Volontairement, le calcul de la répartition des couples sur les différents axes n'était pas demandé en préalable afin d'apprécier la prise de recul des candidat.es.

Étrangement, le calcul de la composante tangentielle dans une transmission par engrenage a lui aussi posé des difficultés entre autres par la confusion classique entre diamètre et rayon.

Pour ce qui est de la question traitant de la formule de prédimensionnement du module d'une roue dentée, il semble nécessaire de rappeler que si le résultat est donné dans un énoncé, les correcteurs n'accordent les points que pour l'exposé de la démarche permettant de le retrouver et non sur le résultat. Une démarche fautive avec un résultat honnêtement faux est plus appréciable qu'un résultat miraculeusement juste. Le taux de réussite à cette question atteint les 40 %.

L'ordre de grandeur de la limite élastique d'un acier ainsi que la notion de fatigue échappent à beaucoup de candidat.es.

Sur la fin de cette partie, la question la mieux traitée est celle du choix du nombre de vis pour atteindre un effort presseur donné avec près de 60 % de réussite. La question relative à la formule du couple transmissible dans un embrayage plan a donné plus de mal. Il est regrettable de constater que même si certains candidat.es ont bien compris la démarche d'obtention de cette formule, leurs réponses manquent parfois de rigueur mathématique et/ou scientifique.

Partie III : Industrialisation du demi-carter extérieur

Cette partie commençait par l'analyse des spécifications géométriques. La difficulté cette année résidait dans une localisation dont la référence secondaire était composée de deux surfaces cylindriques. La grande majorité des candidat.es ont échoué à expliquer cette spécification en particulier, avec beaucoup plus de réussite sur les deux autres, plus classiques. Les questions suivantes portaient sur le lien entre le besoin fonctionnel lié à l'assemblage des deux demi-carters et les spécifications. Elles ont montré un manque de recul certain sur les notions de surface prépondérante et de contrainte d'assemblage.

Ensuite le sujet abordait des considérations produits procédés matériaux (PPM). Un biais systématique a une nouvelle fois été observé dans l'analyse demandée. Les candidat.es ont d'abord identifié que le procédé retenu dans le cadre du sujet était la fonderie, et ont ensuite conclu, selon un réflexe quasiment reptilien, que le matériau adéquat serait donc de la fonte. Ils ont eu beau argumenter à raison autour de considération de poids, de fragilité ou de résistance à la corrosion, la fonte devait être la meilleure solution ! Le jury n'attend pas des candidat.es une maîtrise fine des procédés et des caractéristiques des matériaux rencontrés, mais une réflexion cohérente vis-à-vis de cette approche PPM, ce qui n'est pas souvent le cas une nouvelle fois. On remarque cependant que les considérations environnementales sont fréquemment intégrées, mais que les candidat.es ne proposent pas de critère qualitatif et encore moins quantitatif pour comparer les procédés sur cet aspect.

Enfin la suite du sujet portait sur l'industrialisation des demi-carters par les procédés de fonderie et d'usinage ainsi que sur le contrôle des spécifications en métrologie. Ces questions ont montré des compétences très limitées sur ces thèmes qui ne sont visiblement pas systématiquement abordés dans les formations préparatoires. Les questions concernant l'usinage (cinématique minimale, mise en position) et la métrologie sont de loin les questions les moins traitées du sujet, et qui pourtant représentent 10 à 15% de la note finale.

Partie IV : Conception de la boîte de transmission

Cette partie s'intéressait à l'arbre primaire du réducteur. Le dessin devait entre autres aboutir sur une géométrie d'arbre compatible avec ses différentes liaisons avec les pièces environnantes tout en restant compatible avec les procédés de fabrication imposés. Bien entendu la montabilité de l'ensemble faisait partie des critères d'évaluation.

Rares sont les candidat.es ayant rendu copie blanche et globalement les propositions étaient satisfaisantes. Cependant en s'attachant à dessiner l'arbre par zones successives, certains candidat.es n'ont plus porté attention au montage de l'ensemble. Un autre point qui a souvent fait défaut est la prise en considération de la nécessité d'un dégagement d'outil selon le procédé. À cela se sont ajoutés parfois des oublis sur l'étanchéité, des erreurs sur le procédé d'assemblage imposé (clavette au lieu de cannelures), des formes pour les carters peu adaptées à la fonderie ...

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDAT.ES

Les conseils donnés ci-après sont identiques de ceux des années précédentes. Le jury regrette en particulier le peu de soin apporté à la rédaction et aux justifications des réponses ainsi qu'à la propreté de certaines copies.

Ainsi, il est encore une fois conseillé aux futurs candidat.es de faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité et comprendre la structure du sujet. Beaucoup d'éléments de compréhension, voire de réponses, sont donnés dans les documents. Dans la mesure où les parties sont indépendantes et à condition d'avoir cette vision globale de la problématique et d'avoir en mémoire les documents ressources proposés, les parties peuvent être abordées dans le désordre. De plus, le barème est proportionnel au temps pour traiter chacune des parties, et indiqué sur la première page du sujet. Au-delà des résultats quantitatifs justes ou faux, et bien que certaines questions soient classiques pour l'épreuve SIC, le raisonnement est encore et toujours pris en considération. En particulier, la qualité des réponses est fortement prise en compte (détails parcimonieux). Il est fortement conseillé aux candidat.es de justifier brièvement, mais systématiquement les démarches et les solutions proposées, et de souligner les réponses (formules ou calculs). Cette qualité demande une compréhension générale du sujet d'étude traité, rédigé en suivant une logique et une cohérence, et non plus uniquement des réponses locales à chacune des questions indépendamment des autres.

Les ordres de grandeur de longueur, de masse, de force ou de puissance sont à connaître pour éviter des résultats aberrants. 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 les fautes d'orthographe et de grammaire à répétition sont pénalisées.