

ENROULEUSE DE CABLE

Le thème retenu pour cette épreuve est une machine industrielle destinée à enrouler un câble sur une bobine. Nous remercions la Société SERP dirigée par Monsieur Perrier Serge pour sa disponibilité et son aide précieuse.

L'étude couvre l'ensemble des champs de la conception mécanique: mécanique du solide, résistance des matériaux, choix de composants standards, recherche de solutions, étude de conception, cotation GPS...

Ces différentes parties pouvaient être abordées indépendamment, évitant à un candidat se trouvant dans l'incapacité de répondre à une question de se trouver bloqué.

Histogramme et statistiques

132 candidats ont composé lors de cette épreuve.

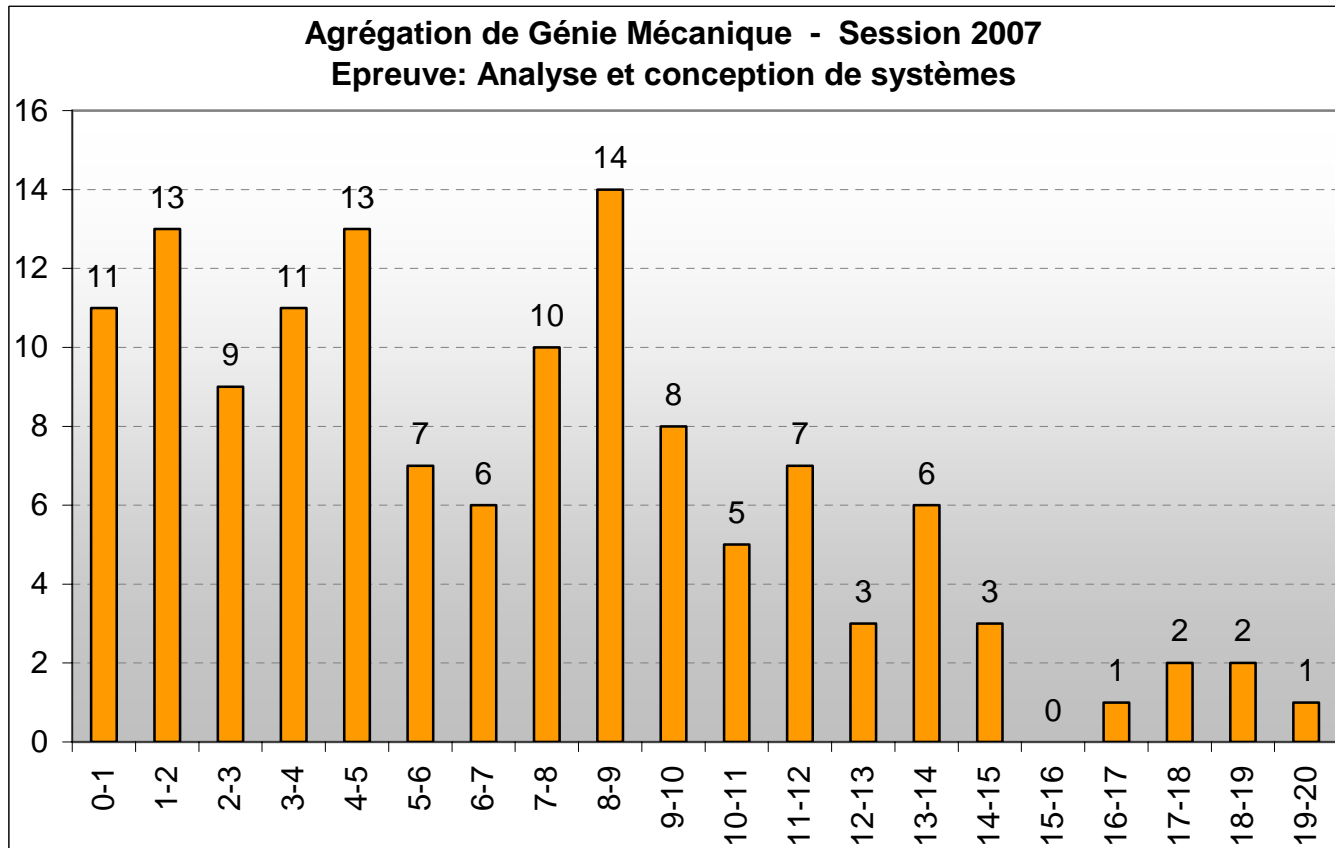
Moyenne : 6,8

Note mini : 0,4

Note maxi : 19,5

Ecart type : 4,6

La distribution des notes est illustrée par le graphique ci-dessous :



L'histogramme révèle quatre groupes distincts :

Le premier comprend environ 25 candidats, qui se sont révélés incapables d'aborder le problème, quelle que soit la partie considérée. Il s'agit probablement de personnes n'ayant pas réellement préparé le concours... La faiblesse des notes de ce groupe, inférieures à 2/20, pénalise fortement le résultat d'ensemble.

Les copies du second groupe révèlent des tentatives d'aborder les parties correspondant à des domaines connus, avec parfois une certaine efficacité. Malheureusement, de nombreux trous dans les connaissances ne permettent pas d'espérer un bilan convenable.

Les deux derniers groupes correspondent à des candidats ayant sérieusement préparé l'épreuve, la distinction se faisant au niveau de la maîtrise des connaissances, de la rigueur dans les développements scientifiques, et dans la rapidité de traitement...

COMMENTAIRES DETAILLES

Les deux premières questions du sujet proposaient d'aborder l'étude de l'enrouleuse par le biais de l'analyse des conditions géométriques et cinématiques de l'enroulement. Ces questions ont été correctement traitées par la quasi-totalité des candidats, et n'appellent pas de remarques particulières.

Tout au plus faut-il rappeler que le bon sens permet d'identifier certaines erreurs dans les applications numériques : une durée de bobinage de 3,3 secondes pour une longueur de fil de près de 30 km, ou un nombre de spires égal à $2,9 \times 10^{10}$ sont pour le moins hautement suspects...

La modélisation, l'étude mécanique

Les questions impliquant la définition d'un modèle adapté à un objectif mécanique précis (Q. 3, 6, 7, 15, 16...) ont souvent posé problème, pour les raisons suivantes :

- la **formulation des hypothèses** est généralement oubliée. Il faut rappeler que pour valider les conclusions tirées d'un calcul, il convient fréquemment de les rapprocher des hypothèses de départ ;
- l'incapacité à **représenter graphiquement le modèle**, à partir d'un schéma et d'un graphe de structure, qui constituent une aide précieuse aux développements mécaniques.

La question 3 par exemple proposait de définir un modèle cinématique isostatique de la liaison de la bobine avec la poupée et la contre poupée, exploité dans l'étude ultérieure des efforts dans la liaison pivot à concevoir.

Un grand nombre de candidats a utilisé la similitude du montage de la bobine avec celle d'une pièce sur une MO en tournage pour proposer des solutions à base de « pointe et contre-pointe » et une symbolisation de type «6 normales», usuelle dans le domaine de la productique. Il en résulte des schémas qui ne respectent que rarement le langage et les symboles des concepteurs, en particulier la représentation normalisée des liaisons (rotule à doigt, linéaire annulaire, appui plan...), au profit de contacts ponctuels difficile à exploiter dans une étude statique : lourdeur du paramétrage, des calculs relatifs aux torseurs...

- la maîtrise très approximative des principes de base de **l'analyse des mécanismes**, notamment au moment d'évaluer les degrés de mobilité et d'hyperstaticité du modèle proposé, donc de prévoir la possibilité pour le calcul de déboucher.

Une fois la difficulté du modèle franchie, un grand nombre de candidats fait preuve d'une bonne aptitude à choisir et appliquer les lois associées aux principes de la mécanique : étude cinématique, statique, PFD, théorème de l'énergie cinétique, les calculs sont menés avec une certaine maîtrise, y compris au niveau des applications numériques.

Choix de composants : frein d'urgence et moteur de trancannage

Dans ce domaine, les éléments à prendre en compte sont soit de nature physique, généralement issus d'une étude mécanique préalable, soit liés aux contraintes d'environnement : type de produit, fiabilité, maîtrise des paramètres de fonctionnement...

Pour l'enrouleuse de fil, composant d'une ligne de production industrielle, le critère de sûreté de fonctionnement est essentiel, et doit conduire à des coefficients de sécurité adaptés. C'est à nouveau la capacité d'analyse du problème et la formulation d'hypothèses raisonnées qui font défauts.

Le choix du frein à partir de la valeur du couple de freinage devait être fondé sur l'analyse du diagramme issu du catalogue constructeur, qui liait la référence du frein, le diamètre du disque, la pression d'alimentation et le couple. L'argumentation retenue peut conduire à des modèles et dimensions différents, mais le critère de sécurité pour un composant de ce type a trop souvent été oublié, au profit de l'encombrement : quelle sera la durée d'arrêt de la machine si l'évènement motivant son déclenchement est une défaillance du moteur, qui contribue en principe au 3/4 du couple de freinage ?

La conception

Il s'agit incontestablement d'un point faible pour les candidats dans leur ensemble. La zone à concevoir était clairement délimitée, définie par un schéma et des données numériques précises. La correction a mis en évidence l'incapacité quasi généralisée des candidats à proposer des solutions raisonnées. Un quart seulement a abordé cette partie, et seule une poignée d'entre eux a su proposer un ensemble cohérent susceptible d'être évalué.

La première difficulté réside dans l'incompréhension du questionnement par méconnaissance du vocabulaire, défaut d'analyse des données, ce qui conduit à des réponses totalement à côté du problème proposé. L'ensemble des documents, tant graphiques que textuels, met en évidence la zone de conception. La recherche de solutions est centrée autour d'un schéma cinématique donné et d'une zone de tracé imposée. Or un grand nombre de réponses a remis en cause toute la structure de la machine étudiée en faisant une totale abstraction de l'environnement (éléments de transmission, d'alimentation en fil, etc), visible sur un document dont le déchiffrement ne pouvait prêter à confusion puisqu'il reprenait des «images» en rendu réaliste du produit étudié.

L'autre problème est la difficulté à conduire une recherche de solutions, basée au départ sur des schémas d'architecture, contrainte ensuite par des données d'encombrement qui conduisent vers une solution spécifique, plutôt qu'à base d'éléments standards (paliers et vérin du commerce).

Il convenait de définir un ensemble devant assurer essentiellement 3 fonctions :

- **le guidage en rotation de la contre poupée**, soit une liaison pivot sur roulements, dont le type et le montage devaient être choisis par le candidat.
9 copies seulement ont proposé une liaison pivot correcte ! Pour les 32 autres ayant abordé cette question, toutes les erreurs possibles autour d'un montage de roulements ont été représentées : roulements de types inappropriés, montages incorrects, incapables en particulier de supporter la charge axiale de la liaison, montages impossibles du fait de la géométrie des pièces, contacts directs entre éléments fixes et éléments tournants, dimensions inadaptées...
Les fonctions de lubrification et de protection d'une liaison pivot fonctionnant sous charge, à une fréquence de rotation élevée ne semblent pas faire partie des préoccupations des candidats.
- la mise en charge axiale de la liaison entre la bobine et la poupée, au moyen d'un **vérin pneumatique spécifique**, du fait de la place limitée attribuée à la zone de conception.
Un seul candidat parmi les 32 ayant proposé une solution graphique pour ce point a présenté une structure viable. Là encore les erreurs commises portent sur le choix du type de joint, sur l'organisation des composants, leurs formes conduisant à des solutions non montables...
- la **liaison glissière de réglage** et son verrouillage dans deux positions extrêmes. Des propositions mêlant queue d'aronde, systèmes à colonnes, patins à aiguilles, parfois associées à une remise en cause de la structure de la machine, toutes solutions déconnectées de l'environnement et des fonctions de la liaison.

Lors de toute conception, la démarche doit intégrer la définition des jeux et ajustements nécessaires au bon fonctionnement du mécanisme : 1 seul candidat a placé les informations liées à sa conception, 4 autres ont fait des tentatives partielles...

La spécification géométrique

Là encore, il s'agit d'un point important des connaissances nécessaires à l'enseignement dans le domaine de la mécanique et du génie mécanique. La première difficulté perçue à la lecture des copies correspond à l'incompréhension du texte des questions posées. Les mots choisis semblent inconnus, hors du dictionnaire des candidats. La mise en évidence des surfaces fonctionnelles pose de grandes difficultés, l'analyse de l'organisation des surfaces dans un but fonctionnel est aussi peu appréhendée. La mise en place des spécifications et de leur codage montre de graves lacunes de connaissances, tant sur la démarche que sur les normes (GPS).

Les correcteurs rappellent que décodage et contrôle de spécifications géométriques font partie des connaissances figurant, entre autres, dans les référentiels des classes de 1^{ère} et terminale STI, mais aussi de STS.

Analyse de la régulation de tension et de vitesse

Cette partie concerne la double régulation de la tension et de la vitesse de défilement du fil.

L'objectif consiste à vérifier la capacité du concepteur d'une machine à analyser les conditions et paramètres de la régulation, pour définir un cahier des charges destiné au spécialiste de l'asservissement. Il était attendu un schéma bloc simplifié montrant les capteurs chargés du contrôle, et les composants de la chaîne d'énergie. Une description du comportement attendu de la régulation devait compléter le schéma.

A quelques rares exceptions près, cette partie n'a pas été convenablement traitée. La notion de schéma bloc n'est pas connue de tous, souvent remplacée par un organigramme, ou une présentation graphique de type SADT...

Sur les copies utilisant une représentation adaptée (environ 15), la régulation de tension, réalisée par le vérin et les poulies a été convenablement décrite environ une fois sur deux.

Par contre, la régulation de vitesse et la commande du moteur n'ont jamais été prises en compte de façon satisfaisante.

Les commentaires qui accompagnent ces représentations se contentent de reprendre plus ou moins adroitement la description de l'énoncé. Il était attendu une illustration du comportement appuyée sur une représentation de l'allure de l'évolution attendue des paramètres en cas de variation de la vitesse d'entrée du fil sur la machine. Ce qui n'a été fait de façon satisfaisante que par 2 candidats seulement.

Système de levage de la bobine

Cette partie, fondée sur la résistance des matériaux, avait pour objectif la validation du dimensionnement de la fourche de mise en place de la bobine sur la broche de la machine. Elle supposait des développements calculatoires simples à défaut d'être légers.

Les candidats ayant abordé cette question l'ont fait avec un certain succès, même s'il faut regretter à nouveau les imprécisions dans la définition du modèle.

