

Commentaires des correcteurs de l'épreuve « Conception des systèmes »

Les auteurs du sujet remercient la sociétés **GIUSTINA – GENDRON** pour son accueil chaleureux et les précieux renseignements qu'elle a bien voulu leur communiquer, les sociétés **FAG Europe** et **PARVEX** pour les données techniques et les simulations fournies.

Le sujet de cette épreuve s'intéressait à une machine de rectification grande vitesse de pièces de révolution.

Les éléments de correction proposés sont volontairement détaillés, ce qui n'était pas demandé aux candidats dans une épreuve en temps limité.

L'ensemble du sujet se voulait ouvert, il comportait plusieurs entrées pour le rendre plus accessible. Les trois parties étaient indépendantes et comprenaient des sous parties elles-mêmes indépendantes. Les questions étaient : soit ouvertes (plusieurs réponses possibles où des compétences méthodologiques ou de raisonnement étaient validées), soit fermées (une seule réponse qui validait des connaissances scientifiques ou technologiques).

La première partie concernait la compréhension et la justification de l'architecture de la machine. Cette partie obligeait le candidat à synthétiser les différents documents fournis (cahier des charges, analyse fonctionnelle, nomenclature, dessin d'ensemble).

Les questions 1.1, 1.2 et 1.3 ont été traitées par la plupart des candidats et n'ont pas posé de problème particulier, sauf au niveau du schéma cinématique qui était pourtant élémentaire. Il est surprenant que de trop nombreux schémas cinématiques sont faux et ne respectent pas la normalisation en vigueur. Pour la question 1.2 peu de candidats ont commenté la conception générale de l'axe.

La question 1.4 servait à justifier un critère constructeur pour le choix de la motorisation. Elle a été abordée par 60 % des candidats, peu sont arrivés à une démonstration correcte. Cette question étant isolée, il suffisait de prendre comme critère : un rapport de l'inertie de la charge (ramenée sur l'arbre moteur) sur l'inertie du moteur proche de un pour continuer la suite du sujet. Il n'y a pas eu de problème particulier pour le calcul de l'inertie équivalente.

Question 1.5 pas de difficulté, si ce n'est de nombreuses erreurs de calculs. Plusieurs approches étaient possibles, théorème de l'énergie cinétique, théorème fondamental de la dynamique ou une approche constructeur.

Question 1.6, il s'agissait de faire un bilan exhaustif des éléments dissipatifs, élastiques et des masses et de leurs donner des valeurs numériques pour pouvoir ensuite justifier un certain nombre d'hypothèses simplificatrices.

Question 1.7, il s'agissait d'une question ouverte ou 27 % des candidats ont proposé de nombreuses modélisations plus ou moins complexe et plus ou moins proche de la réalité. Les correcteurs ont tenu compte des choix de la question 1.7 pour corriger la question 1.8.

Question 1.8, à partir d'un modèle à un degré de liberté, il s'agissait d'identifier les paramètres de conception influents et de proposer une démarche d'optimisation du choix des composants. Les correcteurs ont noté la démarche proposée par le candidat, même si celui-ci n'a pas eu le

Epreuve de conception de systèmes : commentaires

temps de chiffrer complètement ses choix. Cette question a été abordée par 25 % des candidats.

Question 1.9 abordée par 50 % des candidats, c'est une question de cours et de culture des solutions constructives, sans problème particulier.

Question 1.10 abordée par 75 % des candidats. Elle permettait de vérifier les compétences du candidat à décoder un mécanisme défini par un dessin d'ensemble et une perspective isométrique, et d'en proposer une modélisation cinématique. Peu de candidats ont fourni une explication cohérente pour le réglage en x de la contre-pointe (rotule et vis déformable)

Pour la partie 2, une erreur s'était glissée dans le document 2.3, il s'agissait bien d'un montage en « O » comme le suggérait fortement le texte du sujet, cela a été pris en compte pour les quelques candidats qui ont composé avec un montage en tandem à la question 2.5.

Il s'agissait dans un premier temps d'analyser la conception de la broche porte pièce, qui tourne à 7 500 tr/min. Une théorie de comportement des roulements était introduite (HARRIS), avec prise en compte de la variation de l'angle de contact sur charge. Pour ne pas compliquer la mise en équation, il n'a été retenu que le comportement axial de la broche, ce qui permettait aux candidats de traiter le problème au moins graphiquement. À la suite de cette étude, une conception de la broche porte meule était proposée, les candidats étaient amenés à découvrir progressivement les améliorations à apporter à la broche porte pièce, pour ensuite proposer des solutions constructives adaptées.

La question 2.1 n'a pratiquement pas été traitée, il suffisait pourtant de constater que l'on avait deux ressorts en série au niveau des contacts bague intérieure-bille et bague extérieure-bille pour en calculer la raideur équivalente.

La question 2.2, 2.3, 2.4 n'ont pas posé de problèmes particuliers, elles ont été abordées par 50 % des candidats.

La question 2.5 a été abordée par 17 % des candidats, une dizaine de candidats ont réussi à poser le système d'équation et à le résoudre au moins graphiquement.

Question 2.6 question peu abordée (10 %).

Question 2.7 peu de candidats sont revenus sur les hypothèses de la modélisation de la question 2.1, il était évident que la modification majeure de la partie 2.c venait de la vitesse de rotation de la broche d'où le passage à des roulements hybrides acier-composite et une utilisation d'une théorie plus fine prenant en compte les effets d'inertie.

La question 2.8 a été abordée par 30 % des candidats. Le phénomène de dilatation différentielle a été dans l'ensemble bien identifié et traité.

Question 2.9, abordée par 10 % des candidats. Aucune solution satisfaisante n'a été proposée. La plupart des solutions étaient basées sur un principe de pincement par cône, qui permettait effectivement de supprimer le jeu radial mais supprimait aussi la possibilité de déplacement axial du roulement de queue.

Question 2.10, abordée par 10 % des candidats, bien traitée dans l'ensemble.

Epreuve de conception de systèmes : commentaires

Question 2.11, abordée par 45 % des candidats. Il était demandé d'intégrer les modifications suggérées par les questions 2.8, 2.9 et 2.10 dans la nouvelle broche, en essayant de conserver l'essentiel de la conception primitive. Une quinzaine de copies ont proposé des solutions intéressantes attestant d'une véritable culture des solutions constructives. Mais pour la plupart des copies corrigées, l'indigence des solutions produites est inadmissible à ce niveau, des énormités subsistent. Par ordre décroissant, on peut citer : **des contacts entre les parties fixes et les parties tournantes, des montages de roulements sans arrêt axial, des montages de roulement avec jeu ou avec anneau élastique** (dans un contexte de broche grande vitesse de machine-outil), des systèmes de lubrification des roulements à partir de l'arbre, des montages à deux roulements au lieu de quatre, des solutions de précontraintes identiques aux solutions initiales, des étanchéités avec des joints à lèvres. Ce qui est d'autant plus regrettable, c'est que certains candidats ont consacré un temps non négligeable à la définition de cette broche. En cumulant deux ou trois de ces erreurs, le temps investi ne peut plus être payant. **Rappelons qu'il s'agit d'un concours d'agrégation de mécanique destiné à recruter des enseignants de sciences de l'ingénieur dont certains seront amenés à former des techniciens, techniciens supérieurs et ingénieurs en conception des produits industriels. Cette activité est fondamentale dans la pratique pédagogique quotidienne de ces enseignants. Son efficacité repose sur une culture minimale des solutions techniques actuelles.**

La troisième partie portait sur l'étude du comportement de la meule et du porte meule, soumis aux effets centrifuges induits par une forte vitesse de rotation (15 000 tr/min).

Dans un premier temps, il s'agissait de définir des indices de performance permettant de choisir en conséquence le matériau. Dans un second temps, on souhaitait dimensionner l'ajustement de la liaison freinée entre la broche et le porte meule.

Dans la question 3.1, abordée par 65% des candidats, il s'agissait de justifier les hypothèses et la modélisation retenue qui ont permis d'aboutir aux expressions des contraintes fournies dans le sujet. Il n'était pas attendu des candidats une démonstration détaillée mais juste de proposer un modèle.

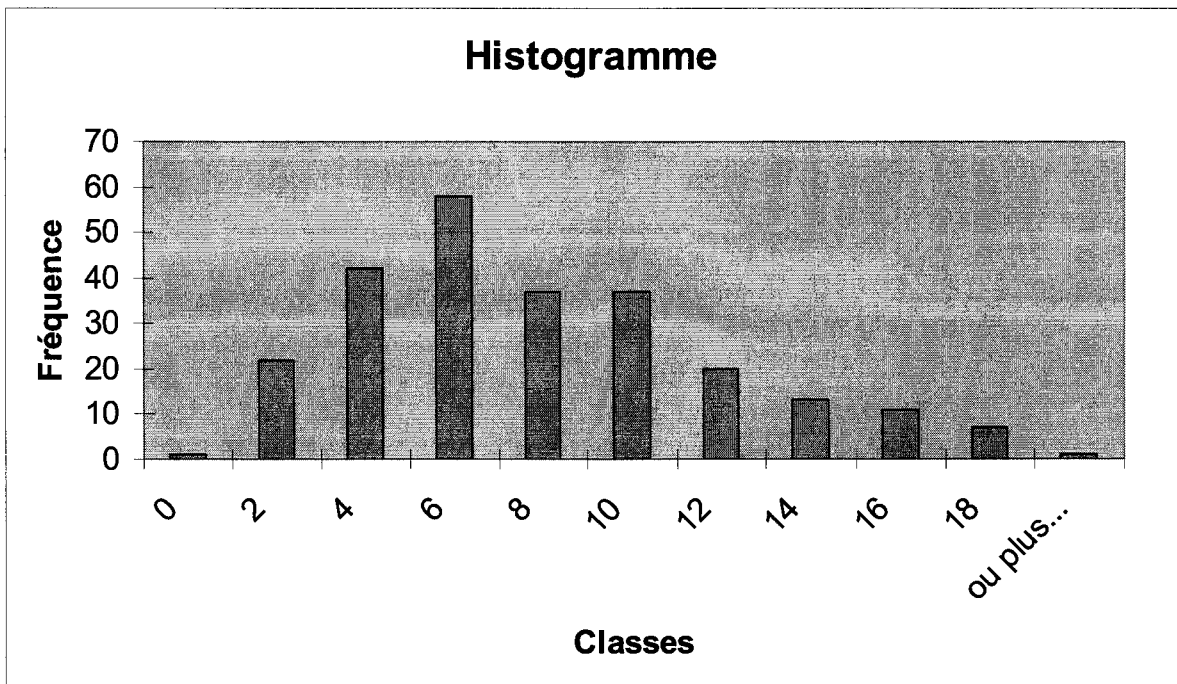
Les questions 3.2 et 3.3 permettaient de déterminer les contraintes subies par une meule en acier et de pré - sélectionner une liste de matériaux.

Une étude similaire était ensuite menée dans les questions 3.4 et 3.5 concernant le déplacement en périphérie de meule.

Cette partie, traitée par 60% des candidats n'a pas posé de difficulté particulière. A noter cependant une interversion dans les valeurs numériques des rayons et diamètres dans le sujet. La plupart des candidats ont corrigé cette erreur, pour le reste, il en a bien sûr été tenu compte lors de la correction.

La question 3.6 était une question ouverte abordée par 40% des candidats.

Les questions 3.7 et 3.8, qui concernaient la liaison freinée broche – porte meule, ont été traitées par 30% des candidats seulement, avec des réponses trop souvent évasives.



Moyenne = 7.14
Ecart Type = 4.14
Note MAX = 18.50
Note MIN = 0.50