

ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B
ÉTUDE D'UN REDUCTEUR D'AVANCE DE MACHINE OUTIL

Durée : 6 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet porte sur l'étude d'une boîte d'avance de machine outil, permettant d'entraîner un portique de fraiseuse pour pièces de grandes dimensions, via deux motoréducteurs à rattrapage de jeu implantés en parallèle. Ces systèmes sont conçus et commercialisés par la société REDEX Andantex.

Chacun des motoréducteurs est constitué d'un moteur électrique synchrone dont la puissance est déterminée par la puissance maximale demandée durant une phase d'accélération du portique. Cette puissance est ensuite adaptée aux exigences de mouvement du portique via un renvoi conique, un réducteur à griffes puis un système pignon crémaillère. Par ailleurs, l'exigence de précision de positionnement du portique conduit à adopter pour chaque motoréducteur une double chaîne cinématique préchargée, la précharge étant installée via un accouplement élastique. Ce sont les critères de dimensionnement permettant le choix du motoréducteur (moteur synchrone, réducteur à griffes et pignon) puis celui de la précharge (valeur et composant) et enfin des guidages en rotation qui sont étudiés dans la première partie de cette épreuve. Une fois les choix validés, la seconde partie de l'épreuve consiste à proposer une solution constructive pour cette chaîne de transmission.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Notice justificative	54 %
- Dessin d'étude de construction mécanique	46 %

Thématiquement, sur la notice justificative, la répartition de la notation a été faite de la manière suivante :

- Etude du groupe moteur-réducteur Q1 à Q17	24 %
- Etude de la précharge du système Q18 à Q35	18 %
- Etude d'un guidage en rotation Q36 à Q42	12 %

COMMENTAIRE GÉNÉRAL DE L'ÉPREUVE

Le sujet est structurellement long, les candidats peuvent ainsi s'exprimer sur l'ensemble de leurs compétences et montrer leur capacité à aborder un problème dans sa globalité. Une lecture complète du sujet est conseillée en début d'épreuve afin de s'imprégner du sujet.

Les calculatrices sont interdites. Certaines applications numériques étaient délicates et demandaient donc une aptitude à effectuer des approximations pour pouvoir atteindre le résultat. Lors de l'évaluation des copies, une tolérance a été appliquée sur la précision des résultats numériques obtenus.

Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension.

Toutes les questions posées sont au niveau des candidats (à chaque question, plusieurs candidats obtiennent le maximum des points, et, pour 55% des questions, au moins 10% des candidats obtiennent le maximum des points).

Dans toutes les parties du sujet, des connaissances de base sont évaluées. Bon nombre de candidats ne les maîtrisent pas.

Une grande majorité des candidats a traité ou entamé chaque partie, avec une préférence pour les parties calculatoires (étude de la précharge).

Les candidats ont fréquemment abandonné la notice justificative pour se consacrer au dessin : ils obtiennent en moyenne 45% de leurs points sur la notice et 55% sur le dessin d'étude de construction mécanique.

ANALYSE PAR PARTIE

Remarques sur la partie notice justificative

Remarques générales

Les candidats ont su profiter des parties indépendantes et des questions indépendantes à l'intérieur de chaque partie. Certaines parties sont intégralement non traitées par certains candidats.

Le jury remarque que les candidats semblent plus familiers de ce format d'épreuve avec cahier réponse que les années précédentes. Néanmoins encore trop d'entre eux ont eu visiblement un raisonnement juste mais ne répondent pas précisément à la question posée (donnent l'expression littérale au lieu de l'application numérique – et inversement - ou n'expriment pas leurs applications numériques dans l'unité demandée) ce qui les pénalise fortement.

Étude du groupe moteur-réducteur :

Cette partie, portant sur le choix du moteur synchrone, sa technologie et enfin l'adaptation du rapport de réduction, a été abordée par la presque totalité des candidats. Pour le choix du moteur les candidats ont fréquemment oublié qu'il y avait 2 motoréducteurs entraînant le portique. Néanmoins ces questions sont bien traitées par les candidats. A l'inverse moins de 5% des candidats obtiennent le maximum des points sur la technologie du moteur synchrone (questions 6 à 9). Les questions portant sur le choix du réducteur à griffes et au dimensionnement du système pignon crémaillère ont, elles aussi été assez peu traitées, à l'exception de la question 10. La détermination, par cinématique graphique, du rapport de réduction du réducteur à griffes ayant posé problème à plus de 90% des candidats, les questions suivantes n'ont pas ou peu été traitées.

Étude de la précharge de l'accouplement :

La première partie portait sur le réducteur d'avance préchargé d'abord sans sollicitation extérieure, puis avec sollicitation extérieure et permettait de déduire la précharge à installer. Cette partie est bien traitée par près d'un tiers des candidats. La seconde partie demandait de valider un accouplement élastique et nécessitait d'estimer les rigidités en torsion des arbres. Les calculs de RDM en torsion sont correctement traités par 15% des candidats. Néanmoins à partir de la question 33 les réponses justes deviennent rares du fait de la dépendance aux réponses précédentes.

Étude d'un guidage en rotation :

La partie démarrait avec la justification du choix des roulements à rouleaux coniques et du montage en X qui n'a rapporté le maximum de points qu'à environ 15% des candidats. Le calcul des efforts repris par chacun des 2 roulements via le renvoi conique dans le montage en X hyperstatique a rapporté le maximum des points à plus de 40% des candidats. Enfin les candidats ont moins bien déterminé les charges radiales équivalentes et la durée de vie des roulements.

Remarques sur la partie « dessin d'étude de construction mécanique »

Remarques générales :

Le dessin était constitué de deux zones, dans lesquelles devaient être représentées :

- Le guidage en rotation par roulements à rouleaux coniques montés en X de l'arbre d'entrée (1) dans un boîtier (0c) ainsi que la mise en position et le maintien en position de ce boîtier (0c) au carter déjà représenté (0b) ;
- L'assemblage des deux arbres (1) et (2) via l'accouplement élastique validé dans la notice permettant d'appliquer la précharge.

Les candidats semblent ne pas avoir eu de difficulté à appréhender l'environnement.

Les dessins sont globalement d'une qualité satisfaisante, laissant peu d'ambiguïté sur les solutions techniques proposées par les candidats.

Zone 1 : montage de roulements

Presque tous les candidats donnent des éléments de solution pour ce montage de roulement. La plupart des candidats réalisent bien un montage en « X » avec les arrêts axiaux compatibles pour près de 70%

d'entre eux. Par contre les ajustements sont indiqués et corrects pour seulement 40% des candidats. A noter que seules 30% des solutions proposées sont montables, soit parce que le pignon conique ne peut pas rentrer dans le carter, soit que même les roulements ne le peuvent pas ! Il est également à noter que beaucoup de candidats n'utilisent pas la géométrie des roulements fournie. Le réglage de la précharge ainsi que celui de la position du renvoi conique est pris en compte dans 40% des représentations. Enfin, environ un candidat sur deux propose des solutions valides pour l'étanchéité dynamique. Les roulements sont également représentés très éloignés de la charge (ici le renvoi conique) dans plus de 70% des cas ce qui pénalise la rigidité du montage.

Zone 1 : liaison encastrement entre les deux carters

Cette partie a été globalement moins bien traitée que la précédente. Seules 50% des solutions proposent une mise en position (toutes solutions confondues) et 40% un maintien en position par vis comme demandé. Par ailleurs les formes des carters sont incompatibles avec le procédé envisagé (fonderie et usinage) dans plus de 80% des cas voire complètement incohérentes. Seuls 20% des candidats ont représenté l'étanchéité statique demandée.

Zone 2 : assemblage des 2 arbres

Il s'agissait ici de dessiner dans la zone 2 l'accouplement élastique qui était donné dans les annexes. Cette partie a été traitée par moins de candidats et beaucoup n'ont pas tenu compte de la documentation constructeur (taille, ajustements, centrage sans arrêt axial, etc...). Les candidats ont très rarement su calculer les bonnes dimensions pour représenter l'accouplement à la bonne échelle sur le calque fourni. Par ailleurs la solution de fixation sur les arbres par pincement a été assez peu représentée.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Regarder l'ensemble du sujet afin d'aller chercher les parties dans lesquelles ils se sentent le plus à l'aise.

Répondre précisément aux questions posées en différenciant bien expression littérale et application numérique. Exprimer les applications numériques dans l'unité requise, spécifier l'unité si celle n'est pas imposée, et exprimer les expressions littérales en fonction des variables spécifiées dans la question.

Dans la partie « dessin d'étude de construction mécanique », privilégier les solutions qui soient les plus simples possibles. Penser à indiquer les jeux fonctionnels ainsi que les ajustements. Se poser systématiquement la question de la montabilité et de la faisabilité des solutions proposées

Ne pas appliquer systématiquement des solutions types (par exemple lorsqu'un encastrement par pincement est demandé, ne pas réaliser une solution par clavette+vis) mais prendre le temps d'analyser les spécificités du système étudié.

Connaître et maîtriser les connaissances de base : torseur de cohésion, formules de résistance de matériaux, application du PFS, du PFD, du théorème de l'énergie cinétique réalisation des liaisons élémentaires (encastrement, pivot, méthode pour la réalisation d'un montage de roulements)...

Effectuer les applications numériques en dépit de l'interdiction des calculatrices et prendre du recul sur les résultats numériques obtenus en se posant la question élémentaire : le résultat est-il plausible vis-à-vis du produit étudié ?

Développer leur culture technologique afin de proposer des solutions réalistes, par exemple en multipliant les activités d'analyse sur des systèmes réels.