

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B **ETUDE D'UN TAPIS DE COURSE A PIED**

Durée : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet porte sur l'étude d'un tapis de course à pied commercialisé par Décathlon. Le modèle support d'étude est destiné au particulier et non aux salles de sport.

Le produit comporte deux chaînes fonctionnelles indépendantes. La première permet de contrôler l'inclinaison du tapis, et donc de reproduire différents profils de route. La seconde permet de contrôler la vitesse de défilement de la bande de course. Le sujet proposait d'étudier ces deux chaînes, et d'aboutir à la validation des choix réalisés pour les actionneurs, ainsi que le dimensionnement d'un levier. Il permet également de mettre en œuvre les solutions constructives pour le guidage en rotation d'un tambour, avec le réglage de son alignement, ainsi qu'un dispositif de réglage de la tension d'une courroie.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Notice justificative 48 %
- Dessin d'étude de construction mécanique 52 %

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

- Etude dynamique du dépliement du tapis Q1 à Q5 5,6 %
- Etude géométrique du dispositif d'inclinaison Q6 à Q9 4,2 %
- Etude statique du dispositif d'inclinaison Q10 à Q14 6,7 %
- Tenue mécanique du levier/choix de matériau Q15 à Q22 9,9 %
- Irréversibilité du dispositif d'inclinaison Q23 et Q28 7,8 %
- Cotation du levier Q29 et Q30 4,2 %
- Etude cinématique et énergétique du dispositif d'entraînement de la bande de course Q31 à Q39 9,2 %

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

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 un peu 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 obtenus.

Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension. Chacune des phases d'utilisation du produit était détaillée. Des vues en perspective accompagnaient ces explications.

Toutes les questions posées sont au niveau des candidats (à chaque question, plusieurs candidats obtiennent le maximum des points, et, pour 70 % 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 (fermeture de chaîne, intégration d'équation différentielle...).

Les candidats ont fréquemment abandonné la notice justificative pour se consacrer au dessin : ils obtiennent en moyenne 37 % de leurs points sur la notice et 63 % sur le dessin d'étude de construction mécanique.

ANALYSE PAR PARTIE

Remarques sur la partie notice justificative

Les candidats ont su profiter des parties indépendantes. Certaines parties sont intégralement non traitées.

Etude dynamique du dépliement du tapis

La première question est une question de cours : elle permet de mettre en œuvre le théorème de Huygens. Seuls 30 % des candidats connaissent ou sont capables d'appliquer ce théorème. A peine plus de candidats sont capables d'écrire le moment dynamique pour un solide en rotation autour d'un axe fixe. La modélisation de l'effort délivré par un amortisseur est également mal maîtrisée : le plus souvent, elle comporte une erreur de signe. Pour certains candidats, l'effort dépend de la vitesse d'allongement au carré.

Dans de très rares cas, l'écriture du théorème du moment dynamique est correcte (9 % de bonnes réponses) : pesanteur oubliée, erreurs sur les projections, les signes...

La dernière question proposait d'exploiter des courbes pour pouvoir conclure quant au cahier des charges. Cette question a été généralement bien traitée.

Etude géométrique du dispositif d'inclinaison

La première question propose, en faisant la synthèse des données du texte, de lister tous les paramètres variables du modèle retenu. Beaucoup trop rares sont les candidats (9% de bonnes réponses), simplement capables de lire et de reporter ce qui est dans le sujet. Les candidats oublient presque toujours qu'avec un paramètre pilote, il y a besoin d'écrire une équation de moins que le nombre de variables listées.

L'écriture de fermeture de chaîne géométrique est le plus souvent bien maîtrisée, mais très souvent en désaccord avec le nombre d'équations à écrire qui avait été déterminé à la question précédente. Les candidats font-ils la distinction entre équation vectorielle et équation scalaire ?

Etude statique du dispositif d'inclinaison

La première partie proposait, à partir d'une résolution graphique, de mettre en place la direction de certains efforts. Elle a été abordée de façon assez satisfaisante, à part pour certains candidats qui isolent des points...

La partie suivante avait pour but, entre autres, à partir d'isolements successifs, de démontrer que l'effort dans une bielle était nul. Lorsqu'il est demandé de préciser les théorèmes utilisés, bon nombre de candidats se cantonnent à répondre « le PFS ». Il était attendu de préciser le théorème (résultante/moment statique) ainsi que la projection permettant d'atteindre le résultat. Seuls 3% des candidats sont capables de conclure qu'un effort incliné dont la projection sur l'horizontale est nulle, est complètement nul.

La dernière question consistait à comparer la valeur numérique de l'effort maximum délivré par le vérin avec la charge maximale qu'il peut supporter. Elle a été correctement traitée par 60% des candidats.

Tenue mécanique du levier/choix de matériau

Cette partie démarrait de nouveau par une étude statique afin de déterminer les efforts aux appuis. La liaison « sphère cylindre à doigt » n'a pas trop perturbé les candidats. La détermination des actions est correcte dans 20% des cas. En revanche, le calcul du torseur de cohésion pose de

grandes difficultés. A cela, plusieurs raisons : en plus des difficultés à traiter la question précédente, les candidats sont fréquemment perturbés car l'origine du paramétrage est au milieu de la poutre et le paramètre variable s'appelle « y » et non « x » comme vu dans de nombreuses copies. Il est attendu des candidats une certaine adaptabilité dans les notations. Au final, seuls 3% des candidats proposent une réponse correcte pour les torseurs de cohésion sur les deux tronçons. Les questions suivantes montrent qu'une fois de plus le cours est trop peu connu : 25% des candidats sont capables de donner le moment quadratique d'une poutre à section carrée, et 30% savent exprimer correctement la contrainte maximale dans un cas de flexion. La désignation des matériaux est approximativement connue. Pour le matériau S235, il s'agit très souvent d'un acier Soudable. Il y a parfois du soufre, des sulfites... Les candidats s'emmêlent souvent entre résistance à la limite élastique et résistance à la rupture.

Irréversibilité du dispositif d'inclinaison

C'est la partie qui a été la moins traitée du sujet. Les candidats peinent dès la représentation de l'effort local de contact sur la vis. Quand il respecte bien les directions normale et tangentielle, il est le plus souvent dans le mauvais sens. L'intégration sur la surface de contact est méconnue, et au bout du compte, seuls 3% des candidats sont capables d'arriver à l'expression du moment axial en fonction de l'effort axial.

Lorsqu'il s'agit de conclure sur l'intérêt de l'irréversibilité dans ce contexte, les candidats montrent le plus souvent leur méconnaissance de cette notion. Pêle-mêle, les réponses suivantes ont été proposées : « cela permet de déplier et replier le tapis », « cela évite que le coureur parte en arrière » avec des variantes faisant craindre « le ripage du coureur »...

Cotation du levier

On cherchait d'abord à déterminer le degré d'hyperstatisme du modèle retenu. La détermination des mobilités pose de grandes difficultés, notamment pour la détermination des mobilités internes. Très peu de candidats ont vu que le tapis était posé sur le sol par une liaison appui-plan, et que le modèle comportait donc 3 mobilités internes. Seuls 1,5% des candidats arrivent à proposer une valeur correcte avec ses justifications pour le degré d'hyperstatisme.

La question suivante demandait de représenter des tolérances de parallélisme et de symétrie. Les symboles sont généralement bien connus. Par contre la mise en place de la tolérance et de la référence respecte rarement la norme (9% de représentations intégralement correctes pour le parallélisme, et 6% pour la symétrie).

Etude cinématique et énergétique du dispositif d'entraînement de la bande de course

On cherchait d'abord à déterminer la vitesse de défilement maximum du tapis en partant de la vitesse de rotation à vide du moteur. Les valeurs numériques fournies dans le sujet concernant les dimensions des tambours sont erronées. Elles donnent les diamètres au lieu des rayons. Certains candidats s'en sont aperçus, et les deux réponses ont été acceptées.

On retrouve fréquemment des erreurs sur les rapports de rayon pour déterminer la réduction. Les applications numériques farfelues (de quelques millièmes de km/h à plusieurs dizaines de milliers) ne semblent pas déranger les candidats. Curieusement, la plupart des candidats qui trouvent une vitesse de défilement supérieure à celle indiquée dans le cahier des charges concluent que celui-ci n'est pas respecté. Cela montre un certain illogisme de leur part, et leur difficulté à cerner la différence entre respect d'un cahier des charges, et aptitude d'un composant à atteindre les performances attendues par le cahier des charges. A l'inverse, ceux qui trouvent une vitesse maximale inférieure à la valeur indiquée dans le cahier des charges, se satisfont du fait que celui-ci est donc respecté...

La dernière partie consistait en une étude à partir du théorème de l'énergie cinétique. Dans la détermination de l'inertie équivalente, beaucoup de candidats oublient de faire apparaître les rapports de réduction, prennent les rapports inverses, ou s'emmêlent tout simplement dans les

différents rayons de poulies (25% de bonnes réponses). L'application du théorème de l'énergie cinétique est presque toujours bien effectuée. L'intégration de l'équation différentielle obtenue est assez bien traitée, même si parfois la constante d'intégration n'est pas identifiée.

La fin de la notice proposait d'extraire quelques applications numériques permettant de montrer que les performances du moteur permettaient largement d'atteindre les niveaux indiqués dans le cahier des charges. Cette partie a été peu traitée car elle demandait une aptitude à faire des approximations pour trouver les ordres de grandeur, aptitude que n'ont probablement pas les candidats tant ils sont habitués à utiliser leur calculatrice.

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

Remarques générales

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

- Une liaison pivot utilisant des roulements à billes à contact radial ;
- Une liaison encastrement par frettage ;
- Les liaisons complètes de deux axes de tambour intégrant un dispositif d'alignement ; pour l'un d'entre eux, le dispositif d'alignement doit être accessible facilement par l'utilisateur ;
- Un dispositif de précharge par ressort ;
- Une liaison pivot par contact direct.

Les candidats semblent ne pas avoir eu de difficulté à appréhender l'environnement. Certains d'entre eux se sont inspirés à juste titre des vues en perspective fournies dans les documents annexes.

Les solutions utilisées sur le système commercialisé sont d'une très grande simplicité (diminution du coût de revient du produit) : les solutions proposées par les candidats relèvent trop souvent de « l'usine à gaz ».

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

Zone1

- Montage de roulements à billes à contact radial

Les candidats oublient beaucoup trop souvent de préciser les ajustements employés, permettant de préciser les bagues montées serrées. Dès lors, l'évaluation du montage devient difficile car les arrêts axiaux doivent être compatibles avec ce choix. Les ajustements utilisés sont souvent fantaisistes (beaucoup de candidats indiquent également un ajustement pour les bagues de roulements, oubliant qu'il s'agit d'éléments standards). Environ un candidat sur trois propose un choix cohérent pour les ajustements. Même si elles étaient souvent non montables, les solutions assurant un blocage axial entre l'axe et le tambour étaient valorisées.

- Encastrement par frettage de la poulie

Le terme de frettage est apparemment peu connu, bien qu'il soit au programme. La majorité des candidats propose des solutions comportant une clavette et un dispositif de maintien en position. Là encore, le choix des ajustements (quand ils sont indiqués) n'est pas adapté (20% de propositions cohérentes).

- Guidage de l'axe dans le châssis

Cette partie a été assez bien traitée (50% de propositions correctes). L'erreur la plus fréquente a été la réalisation d'un dispositif de réglage axial, au lieu d'un dispositif d'alignement angulaire.

Zone 2

- Dispositif de précharge par ressort

Les candidats ont essentiellement buté sur le choix de la vis de précharge, notamment sur la solution employée pour la bloquer en rotation. Les solutions proposées sont souvent assez

complexes, et demandent la réalisation de vis spéciales, allant encore une fois à l'encontre de la diminution du coût. Cependant, on peut encore remarquer que 50% des solutions sont globalement correctes.

- **Liaison pivot de la plaque support**

Cette liaison n'a pas posé de difficulté (65% de réponses satisfaisantes), mais encore une fois, les solutions proposées ne vont pas toujours dans le sens de la simplicité.

Zone 3

Les candidats ont essentiellement eu des difficultés à proposer une solution qui soit accessible par l'utilisateur sans avoir à démonter le cache. Ils utilisent le plus souvent un écrou en opposition de la tête de vis, ce qui est inutile car la tension de courroie permet d'assurer l'effort presseur sous la tête de vis assurant son maintien en position.

Au final, quelques candidats proposent une solution globalement satisfaisante fonctionnellement, mais aussi du point de vue des formes des pièces.

Pour la majorité, ils ont oublié qu'une conception est d'autant meilleure qu'elle est simple, et que cela va également dans le sens de la diminution des coûts.

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.

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.

Ne pas appliquer systématiquement des solutions types (par exemple lorsqu'un encastrement par frottement 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 puissance, écriture de tolérances au sens de la norme, désignation des matériaux, réalisation des liaisons élémentaires (encastrement, pivot, méthode pour la réalisation d'un montage de roulements)...

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.