

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A
PT SI-A : TUYÈRE À OUVERTURE VARIABLE POUR BANC D'ESSAIS DE TURBORÉACTEURS

Durée : 5 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 3 pages ;
- du travail demandé (parties A, B, C, D et E) : 17 pages ;
- des annexes : 6 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 25 pages.

Cette étude était l'occasion de traiter une problématique des sciences de l'ingénieur en cinq parties indépendantes constituées de nombreuses questions émaillées de résultats intermédiaires évitant les blocages :

- **la Partie A** (durée conseillée 20 min) proposait de décrire la structure topo-fonctionnelle du système en mettant en œuvre des outils d'analyse et de communication (diagrammes SADT et FAST). Cette description permettait d'appréhender les interactions entre les différents éléments constitutifs du système. Un schéma hydraulique à compléter était ajoutée à cette description afin de préciser la circulation de l'énergie au sein du système ;
- **la Partie B** (durée conseillée 2h) s'attachait de construire pas à pas un modèle de connaissance de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information complétée par une modélisation des actions mécaniques extérieures. Une étude en boucle fermée permettait de valider cette construction notamment la modélisation du comportement dynamique du vérin hydraulique ;
- **la Partie C** (durée conseillée 40 min) abordait la synthèse du correcteur afin d'obtenir les performances attendues au cahier des charges. La modélisation du vérin hydraulique était affinée par identification de sa réponse harmonique ;
- **la Partie D** (durée conseillée 1h), s'intéressait à la redondance des actionneurs de la chaîne d'énergie. La structure mécanique était analysée afin de saisir cette redondance et d'en comprendre les effets au travers du degré d'hyperstatisme ;
- **la Partie E** (durée conseillée 40 min), traitait de la commande des vérins redondants en cherchant une stratégie de commande synchronisée.

COMMENTAIRES GENERAUX

Le sujet abordait au travers de la construction d'un modèle de comportement, une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de classe préparatoire. Certaines questions plus ouvertes permettaient aux candidats de mettre en œuvre les compétences développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

La progressivité des difficultés et quelques résultats intermédiaires devaient permettre à tous les candidats d'aborder l'ensemble du sujet. Globalement la construction du sujet et le support du cahier réponse mis en place l'an dernier ont amené un grand nombre de candidats à balayer l'ensemble du sujet. En revanche il est regrettable que le cahier réponse soit souvent considéré comme un simple tableau de résultats sans qu'aucune justifications ni explications de la méthode utilisée ne soit indiquée. Ceci pénalise les candidats qui par ailleurs savent traiter la question.

On trouve des copies où le candidat récite son cours sans chercher à résoudre la question posée. Rappelons que les compétences ne se résument pas à de simples connaissances.

La qualité « graphique » des copies est globalement satisfaisante. Les candidats ont également pris soin d'utiliser les notations proposées. L'évaluation a tenu compte, comme il était précisé sur la

page de garde du sujet, de l'effort de certains candidats à traiter dans sa continuité et correctement d'une partie entière. Il est important de rappeler qu'un résultat numérique sans unité explicite n'a ni sens ni valeur et ne rapporte donc aucun point. Trop de candidats persistent cependant dans cette voie.

L'impression générale de la qualité des copies, sur un sujet qui ne présentait pas de difficultés majeures, est plutôt bonne. On ne peut qu'encourager les futurs candidats à poursuivre dans cette voie.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie A – Analyse fonctionnelle et structurelle du système

Diagramme SADT : Cette question est mieux traitée que les années passées. De nombreux candidats ont assuré la cohérence des flux aussi bien interne qu'externe entre les différents niveaux de description SADT. Il n'en reste pas moins qu'un nombre significatif de candidats ne traite pas cette question ou la traite sans avoir assimilé les concepts de l'outil.

Schéma hydraulique : Globalement la schématisation des circuits hydrauliques est ignorée des candidats.

Diagramme FAST : Cette question a été traitée par la majorité des candidats et globalement de manière satisfaisante, ce qui montre que la lecture du diagramme et la compréhension de la structure du système ont été correctes.

Partie B – Modélisation de la chaîne fonctionnelle réalisant la fonction de service "Faire varier le diamètre de la veine fluide"

Modélisation du comportement cinématique du mécanisme

La mise en équations issue de la fermeture géométrique est traitée correctement dans de nombreuses copies. Quelques candidats ont pris la locution "en éliminant \square " au pied de la lettre, quelques autres ont considéré $\square=0$. Seuls quelques rares candidats ont réussi à exprimer \square en fonction des données.

La traduction du cahier des charges, donné pour la tuyère, aux exigences attendues pour un vérin, n'a généralement pas été correctement traitée.

Modélisation du comportement du servo-distributeur hydraulique

Trop de résultats sans unité.

Modélisation du comportement du capteur de déplacement

Trop de résultats sans unité et une détermination du nombre de bits parfois fantaisiste. Le code Gray est bien connu mais souvent confondu avec son application au codeur incrémental. Cependant cette partie n'a pas été traitée par la majorité des candidats.

Modélisation du comportement du vérin hydraulique – Hypothèse de fluide incompressible

La détermination des fonctions de transfert est correctement traitée ainsi que le calcul de l'écart de position. En revanche le réglage du correcteur a souvent été mené sur la performance de précision alors qu'il était nécessaire pour atteindre la performance de rapidité. On constate à ce sujet qu'un nombre significatif de candidats ne connaissent pas l'expression du temps de réponse à 5% en fonction de la constante de temps d'un système du premier ordre.

Modélisation du comportement du vérin hydraulique – Hypothèse de fluide compressible

La recherche de la masse équivalente est une notion connue par la majorité des candidats. En revanche beaucoup de candidats ont trouvé des valeurs numériques aberrantes souvent supérieures à 50 tonnes qui n'ont surpris que quelques rares candidats.

Quelques candidats ont confondu moment d'inertie et opérateur d'inertie. Le calcul du moment

d'inertie d'un pavé est la plupart du temps faux. Quelques candidats trouvent un moment d'inertie négatif sans en être surpris.

La détermination de l'énergie cinétique galiléenne a donné lieu à de nombreuses réponses correctes mais trop souvent sans justifications.

Même commentaires concernant la détermination de l'effort équivalent.

La question 26 qui faisait suite à ces deux déterminations, a cependant été traitée par de nombreux candidats sans y faire véritablement appel alors que c'était l'objectif de cette question.

La détermination de K_V et a_2 n'a pas donné lieu à de nombreuses réponses justes.

Si le terme "critère de Routh" est connu, sa mise en œuvre l'est beaucoup moins notamment dans le cas où un des coefficients du polynôme est nul.

La prise en compte du débit de fuite a été peu traitée et quand elle l'a été, les calculs sont souvent faux.

Partie C – Synthèse du correcteur de la commande en position d'un vérin

Modélisation de la boucle ouverte non corrigée

L'identification d'une fonction de transfert du troisième ordre par sa réponse harmonique a donné lieu à des réponses très diverses. Certains candidats y ont vu un système du deuxième ordre. Parmi ceux qui ont compris qu'il s'agissait d'un système du troisième ordre certains ont cru qu'il comportait un intégrateur sans doute à cause de la forme du résultat donné à la question 28. Pour le reste l'identification est correcte avec une partie des candidats pour qui le temps de réponse optimum est obtenu pour un facteur d'amortissement égal à 1.

La lecture d'une échelle logarithmique n'est pas acquise pour de nombreux candidats.

Ensuite le gain statique du vérin quand il était correctement déterminé a souvent été confondu avec le gain statique en boucle ouverte.

Analyse des performances en correction proportionnelle

La notion d'ordre et de classe d'un système est loin d'être maîtrisée.

Le calcul des erreurs donne souvent lieu à des résultats fantaisistes quand la question est traitée.

Le risque d'instabilité est trop souvent évalué non pas à partir du point critique mais de valeurs conventionnelles des marges de phase et de gain.

Réglage d'une correction proportionnelle

Certains candidats ont confondu le tracé du diagramme de Bode d'un correcteur à avance de phase avec le correcteur PI demandé. Rappelons qu'un diagramme de Bode est constitué de deux tracés, le rapport d'amplitude et la phase.

La notion de mode dominant est connue de très nombreux candidats.

Ensuite le tracé du diagramme de Bode du système corrigé, le réglage du gain du correcteur assurant les performances de précision et l'estimation des marges de stabilité ont été très peu traités.

Partie D – Validation de l'architecture mécanique de la structure réalisant la chaîne d'énergie

Étude d'une commande avec un seul actionneur

L'identification des liaisons et des torseurs associés est globalement correcte. En revanche l'écriture des torseurs pose problèmes à certains candidats qui ne précisent pas la base utilisée, le point de réduction ou pire confondent le moment et la résultante.

La recherche par le calcul d'une liaison équivalente donne lieu à des réponses très mitigées même quand le principe est connu. Quant à s'apercevoir que parmi les cinq composantes non nulles du torseur des actions transmissibles de la liaison équivalente, deux sont liées, seuls quelques très rares candidats en sont capables.

Étude d'une commande avec deux actionneurs

Même si pour cette partie il n'était pas exigé de faire la détermination par le calcul, une justification de la nature des liaisons équivalentes était attendue.

Étude de la structure adoptée par le constructeur

Le degré d'hyperstatisme de cette structure a donné lieu à un florilège de valeurs toutes aussi erronées les unes que les autres. Seuls quelques candidats capables de prendre un peu de recul vis-à-vis du problème ont trouvé un degré d'hyperstatisme correct.

Partie E – Validation de la commande synchronisée des vérins

Fonction de transfert en boucle fermée d'un axe

Cette partie a été traitée correctement par la majorité des candidats.

Commande asynchrone

Cette partie a été abordée par de nombreux candidats. L'expression de l'écart de synchronisme a été obtenue par l'ensemble des candidats qui ont abordé cette partie. L'expression de l'erreur statique et surtout de l'erreur de traînage a posé plus de problème. Le théorème de la valeur finale est connu et exploité correctement.

Commande maître esclave

Cette partie relativement peu abordée a souvent été correctement traitée par les meilleurs candidats qui ont pu atteindre la fin du sujet.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Il est conseillé aux candidats de prendre le temps de lire la totalité du sujet pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées. L'évaluation porte sur les compétences acquises en Sciences de l'ingénieur pendant les deux années de préparation (dont la première...). Ainsi les correcteurs sont sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant ainsi des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par ci par là. Il ne faut pas oublier également que la gestion du temps reste essentielle dans une épreuve de concours.

Le cahier réponse ne doit pas se limiter à un simple catalogue de réponses. Les candidats doivent se préparer à justifier le plus précisément possible les réponses apportées aux questions posées.

Il est également conseillé aux candidats de s'approprier les outils d'analyse fonctionnelle et de communication. Le poids et l'impact sur la compréhension du sujet, de la partie consacrée à l'analyse du système est loin d'être négligeable.

Ne pas oublier que l'étude des performances d'un système asservi commence par s'assurer de sa stabilité. La connaissance du concept et des outils d'évaluation sont donc essentiels.

La recherche du comportement mécanique (cinématique, cinétique, dynamique...) des mécanismes doit s'appuyer sur des méthodes rigoureuses. Il semble que nombre de candidats n'ont pas acquis dans ce domaine les compétences nécessaires.

Même si la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation. Il est en effet impensable qu'un candidat qui souhaite montrer ses capacités ne le fasse pas dans les meilleures conditions, tout comme il chercherait à se présenter avantageusement lors d'un entretien d'embauche.

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.

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C

PT SI-C : Etude du dispositif d'orientation de câble sur un machine sous-marine d'enfouissement.

Durée : 6 heures.

PRESENTATION DU SUJET

La société LD TravOcean utilise des véhicules sous-marins afin de pouvoir enfouir des câbles d'une rive à une autre. Afin d'amener le câble correctement dans le système de pose, ces véhicules sont munis de chenilles de traction du câble montées sur un châssis inclinable piloté par un vérin hydraulique. Le sujet étudie ce châssis et l'implantation du vérin dit de relevage.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Partie 1 : Fonctionnement global de la MTL et cinématique	15 %
- Partie 2 : Implantation du vérin de relevage	25 %
- Partie 3 : Réalisation d'un support de fixation de ce vérin	20 %
- Partie 4 : Validation du dimensionnement d'une partie du châssis	20 %
- Partie 5 : Conception de 2 liaisons	20 %

COMMENTAIRES GENERAUX

Les différentes parties du sujet étaient indépendantes et voici un taux de réussite approximatif pour chacune d'elles :

- Partie 1 :	60 %
- Partie 2 :	25 %
- Partie 3 :	40 %
- Partie 4 :	30 %
- Partie 5 :	40 %

La plupart des parties ont été abordées sauf la fin de la partie 2 qui ne l'a été que très, très rarement.

Du point de vue classement, le sujet a correctement fait son office en répartissant bien les candidats. Par contre le niveau global des copies était en dessous de ce qui était espéré à la vue de certaines parties très abordables.

Il est à noter la présence de copies vierges où a priori certains candidats n'avaient rien à dire.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'EPREUVE

Remarques sur la Partie 1

Il s'agit de la partie la mieux traitée par les candidats. Etablir un graphe des liaisons, dénombrer les inconnues statiques comme cinématiques ainsi que les mobilités et appliquer les formules adaptées pour obtenir un degré d'hyperstatisme sont dans l'ensemble bien maîtrisés.

Par contre, proposer des évolutions à donner pour conduire à un modèle isostatique a posé plus de difficultés aux candidats. Certains analysent correctement la surabondance des degrés de liaisons mais beaucoup ne proposent que des changements arbitraires afin de réduire le nombre d'inconnues sans trop se soucier des autres changements que cela peut introduire sur les mobilités cinématiques par exemple.

La liaison pivot hyperstatique réalisée par 2 liaisons rotules en parallèle, qui est un cas d'école, aurait dû être détectée plus souvent.

La partie cinématique graphique a, quant à elle, effectué un gros tri entre les candidats sachant appliquer une composition de mouvements des autres effectuant des projections au ressenti. Les valeurs numériques trouvées pour la vitesse angulaire ont couvert un spectre très large dû à des erreurs de calcul et d'unité. Il est dommage de perdre des points sur une question aussi simple.

Remarques sur la Partie 2

Les 3 premières questions faisant plus appel à de la réflexion que du calcul ont donné un taux de bonnes réponses très insatisfaisant ainsi que des réponses déconcertantes. Les vérins hydrauliques fonctionnent-ils à l'eau de mer et des vérins pneumatiques feront-ils flotter le véhicule sous-marin?

La partie de statique graphique montre des carences dans l'utilisation de cet outil. Dans le cas de figure où apparaissent 3 glisseurs, à peine la moitié des candidats l'ont traité sans erreurs. La deuxième étude a bloqué la très grande majorité des candidats. Rares sont ceux qui savent sommer graphiquement 2 glisseurs, certes des sommes vectorielles ont été proposées mais le support du glisseur obtenu était alors souvent arbitraire.

Pour la détermination des pressions d'utilisation du vérin, il est encore ici dommage de perdre des points dans un concours pour des erreurs de calculs ou pire, ne pas savoir calculer l'aire d'une couronne. Certains candidats ont cherché à estimer les dimensions du vérin sur le document réponse alors que les données numériques étaient précisées sur le document ressource.

Enfin la dernière partie traitant du travail que doit fournir un vérin pour soulever une charge est catastrophique, le taux de réussite (même partielle) est de quelques pourcents. Une telle impasse est tout bonnement inadmissible.

Remarques sur la Partie 3

La définition du matériau (S355) a été bien traitée par 50% des candidats, pour les autres la signification du terme « 355 » est encore floue : résistance, résistance à la rupture, résistance mécanique, pourcentage de carbone, etc.

En ce qui concerne le choix d'un matériau en adéquation avec le produit concerné, la question débutait de la manière suivante : « Après avoir précisé vos critères de choix, proposez deux matériaux ... ». Moins de 10% des candidats ont établi des critères puis proposé des matériaux en adéquation avec ces critères ! Pour les autres, les propositions non justifiées n'ont pas rapporté de points.

Le sujet comportait une question sur la définition de procédés de soudage à l'arc (électrode enrobée, MIG et TIG) qui a montré que seul 10% des candidats connaissent ces procédés et leurs domaines d'application. Pour les autres candidats, nous avons eu droit à un florilège de réponses aussi farfelues les unes que les autres. On retiendra essentiellement que le tungstène est un gaz pour 30% des candidats, peut-être à cause du passage aux ampoules basse consommation...

En ce qui concerne le choix d'un procédé de fabrication, 90% des candidats n'ont aucun scrupule à proposer la forge ou la fonderie pour une pièce fabriquée en 10 exemplaires maximum.

Pour la grande majorité des candidats, les compétences au programme concernant les matériaux et les procédés ne sont pas acquises. La culture technologique est également très pauvre ce qui pose de réelles questions quant à la pertinence de ces enseignements si ils ne sont pas abordés avec rigueur durant la formation.

Les candidats proposent tout ce qu'ils savent en dehors du contexte proposé par le sujet et laissent le soin aux correcteurs de faire le tri, ce qui, rappelons-le encore une fois, NE RAPPORTE PAS DE POINTS.

Le sujet proposait cette année une question d'écriture de spécifications dimensionnelles et géométriques ainsi que des entités géométriques auxquelles elles se rapportaient. La question a été bien traitée dans l'ensemble mis à part les cotes encadrées manquantes pour la tolérance de localisation. Il demeure également des fautes sur l'écriture des cadres et l'ordre dans lequel les éléments doivent apparaître.

Toujours trop peu de candidats (< 15%) donnent une définition correcte d'une spécification dimensionnelle. En ce qui concerne les spécifications géométriques, la philosophie semble comprise pour beaucoup de candidats. Par contre le vocabulaire associé l'est toujours beaucoup moins.

On note que des séries de copies consécutives comportent les mêmes erreurs de définition dans l'association d'éléments théoriques parfaits comme un plan par exemple (critères des moindres carrés, minimisation de la moyenne des écarts ou de la somme des écarts) alors que la norme est très explicite à ce sujet.

Remarques sur la Partie 4

Cette partie proposait un exercice sur la résistance des matériaux ce qui n'avait pas été le cas depuis le sujet de 2006. Force est de constater que l'absence d'évaluation sur cette partie du programme a peut-être incité les candidats à faire l'impasse dans leur préparation car cette partie a été très peu abordée (< 50%) et peu de candidats l'ont traitée avec succès (<15%). Le calcul du torseur des efforts intérieurs a rebuté un bon nombre de candidats alors qu'il nécessitait le calcul de trois produits vectoriels seulement pour les moments. Cette partie a peut-être été victime d'un traitement linéaire du sujet.

On note également que beaucoup de candidats ne parviennent pas à appréhender de manière qualitative le type de sollicitations engendrées en fonction de la direction des efforts. Beaucoup n'ont pas perçu que l'action du câble, situé dans un plan parallèle comme précisé dans le sujet, engendre de la torsion.

Remarques sur la Partie 5

La partie dessin de cette session, bien que simpliste, a malgré tout grandement départagé les candidats. Et de ce fait, en partant de calques rendus vierges, jusqu'à des dessins de très bonne qualité, un grand écart de points a pu être réalisé entre les copies.

Le premier dessin s'intéressait à un des deux paliers d'une liaison pivot. Beaucoup trop de candidats ne voient pas l'intérêt de la collerette sur un coussinet. Par conséquent, dans peu de montage (15%) la charge axiale pouvait être supportée.

Le graisseur a souvent été dessiné mais dans plus de la moitié des cas, il n'était pas implanté de sorte à pouvoir amener la graisse à l'endroit voulu.

Il était demandé à ce que la liaison soit démontable, des points ont parfois été perdus en ne respectant pas cette contrainte.

Seulement 50% des candidats ont traité la liaison glissière alors que la solution était visible sur plusieurs figures du sujet dont le document ressource II. Rappelons que cette liaison participe au réglage de l'écartement des chenilles, opération effectuée une fois dans une campagne de pose. Il n'y a donc pas de contrainte de vitesse de déplacement.

La pièce sur laquelle glisse le câble, est manifestement un produit plat de forte épaisseur qui est percé et plié. Hélas dans beaucoup de cas, la forme de cette pièce a été transformée par les candidats pour englober la traverse de sorte qu'elle devienne extrêmement difficile voire impossible à fabriquer.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Il est encore une fois conseillé aux futurs candidats de faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité. Il pourra alors, dans la mesure où beaucoup de parties sont indépendantes, débiter par les parties qui lui semblent les plus évidentes et avoir en mémoire les documents ressources qui lui sont proposés. Comme indiqué plus haut, il est dommage de chercher à estimer une valeur numérique sur un dessin alors qu'elle est donnée dans un document ressource.

Bien que certaines questions soient culturelles, c'est aussi le raisonnement qui est pris en considération. Par exemple, proposer des matériaux et des traitements complexes pour une pièce sans en préciser les raisons est inutile. Pourtant cela était explicitement demandé dans le sujet. Ce dernier point permet aussi de rappeler une remarque générale : lire soigneusement les questions du sujet et répondre aux questions posées.

Pour en revenir aux questions culturelles, certaines définitions sont normalisées, il n'est alors pas attendu une interprétation personnelle de la chose mais bien une stricte application de la norme. Enfin, il est fortement conseillé aux candidats de justifier brièvement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé.

Les écritures soignées, l'utilisation de couleurs en particulier pour mettre en valeur les constructions graphiques et faire ressortir les résultats, sont très appréciées. A contrario, les explications confuses, contradictoires ainsi que l'excès de fautes d'orthographe et de grammaire sont pénalisés.