

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A
SYSTÈME PAPILLON MOTORISÉ POUR MOTEUR ESSENCE INJECTION DIRECTE

DUREE DE L'EPREUVE : 5 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 4 pages ;
- du travail demandé (parties 1, 2, 3 et 4) : 21 pages ;
- des annexes : 6 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 22 pages.

Ce sujet propose d'analyser, de modéliser et de valider certaines solutions choisies par un équipementier vis-à-vis de performances et de comportements désirés.

Cette étude est l'occasion de traiter quatre parties indépendantes, elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui peuvent être traitées séparément :

- la **Partie 1** propose une analyse partielle de la gestion du couple moteur : cette partie s'adosse, entre autres, à une description en langage SysML permettant de décomposer l'architecture et les éléments principaux composant un moteur à essence injection directe turbocompressé ;
- la **Partie 2** développe les modèles mécaniques nécessaires à la synthèse de la commande et des fonctions de diagnostic : une première étude mécanique permettait de modéliser les différentes inerties à ramener à l'axe du moteur à courant continu ainsi que de vérifier la tenue mécanique de certains éléments du réducteur ;
- la **Partie 3** aborde la commande en courant du moteur à courant continu et une commande en position du papillon en s'intéressant aux problématiques d'une commande numérique synthétisée par un modèle continu en utilisant la modélisation mécanique précédente ;
- la **Partie 4** s'intéresse aux fonctions de surveillance et diagnostic embarquées en analysant le comportement de la phase de test au démarrage du boîtier papillon représenté par des machines à état décrites en langage SysML.

COMMENTAIRES GENERAUX

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

Les quatre parties étaient indépendantes et dans chaque partie de nombreux résultats intermédiaires permettaient aux candidats de poursuivre leur épreuve. Les candidats, en règle générale, savent profiter de ces différents points d'entrées et ont balayé l'ensemble des parties.

Cependant, attention aux tentatives d'escroqueries : de nombreux résultats intermédiaires étaient fournis dans le sujet. Certains candidats ont simplement recopié ces résultats (les deux réponses temporelles du courant –continue et discrète- à comparer par exemple) dans les réponses aux questions les précédant et le correcteur constate immédiatement cette tentative (le cheminement sur les questions précédentes est non-linéaire) et n'a aucune indulgence pour celle-ci.

De même, une simple conclusion à une question de la forme OUI ou NON sans justifications ou explications de la démarche n'est pas recevable (analyse de réponses en regard d'exigences).

Les copies sont, en général, bien présentées (le formatage par cahier réponse aide en ce sens très certainement). Quelques candidats utilisent cependant le cahier réponse comme brouillon. On

rappelle que les résultats finaux doivent être encadrés.

On trouve des copies dans lesquelles le candidat récite son cours sans chercher à résoudre la question posée (la synthèse d'un correcteur ne se limite pas à l'étalage de quelques résultats issus d'un modèle d'ordre 2). Rappelons que les compétences ne se sont pas de simples connaissances.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'EPREUVE

Partie 1 - ANALYSE PARTIELLE DE LA GESTION DU COUPLE MOTEUR

L'analyse des premières pages de présentation d'une architecture moteur du sujet permettait de dégager les deux dynamiques des variables (lentes et rapides) ainsi que les différents équipements intervenant dans l'architecture d'un moteur à essence à injection directe turbocompressé.

Une grande majorité des candidats ne répond pas à la question, mais ne donne que les capteurs au lieu des éléments sur lesquels agissent les capteurs.

Partie 2 – MODELISATION MECANIQUE DU BOITIER PAPILLON

Cette partie permettait d'étudier la dynamique du système pour vérifier le bon choix du moteur ainsi que le bon dimensionnement des pièces en mouvement.

L'étude du train d'engrenages est assez bien traitée dans l'ensemble, mais le calcul du moment d'inertie du disque suivant un axe diamétral conduit la plupart du temps au calcul erroné du moment d'inertie autour de l'axe central. L'axe de rotation du papillon n'a semble-t-il pas été visualisé.

Le calcul de l'énergie cinétique est assez bien maîtrisé. Le théorème de l'énergie-puissance l'est moins bien, notamment pour ce qui est du travail du couple résistant.

La double intégration d'une constante conduit presque systématiquement à l'oubli du facteur 0,5, ce qui pénalise les applications numériques qui suivent. L'obtention d'énergie cinétique de plusieurs méga-joules ou, au contraire, de quelques micro-joules n'embarrassent que peu de candidats.

Enfin, la confusion quasi systématique du diamètre primitif et du rayon primitif et le mélange des unités conduisent à des applications numériques fausses, quand les dernières questions de cette partie sont traitées.

Partie 3 – COMMANDE EN POSITION DU PAPILLON

Partie 3.1 – Modélisation

Cette partie permettait de modéliser le hacheur pont en H qui alimente la machine à courant continu et de définir les constantes de temps intervenant dans le système.

Les calculs sont généralement assez bien traités, au signe près. Les conclusions sont néanmoins plus aléatoires. Ici aussi, l'obtention de valeurs de quelques kilo-ampères pour l'intensité maximale a peu ému.

Partie 3.2 – Synthèse de la boucle de courant

Une première question s'intéressait à la précision de la linéarisation d'une fonction exponentielle. La maîtrise des développements en série ne fait hélas pas partie de la majorité des candidats.

Les questions suivantes demandaient une manipulation d'un 1^{er} ordre. Cette partie a été bien traitée par la majorité des candidats.

La suite de cette partie permettait d'obtenir un modèle discret du système basé sur une équation de récurrence d'ordre 1. Cette partie, bien qu'extrêmement guidée, a rebuté nombre de candidats qui ont préféré poursuivre leur composition sur les parties suivantes. Ceux qui ont pris le temps de suivre la démarche proposée ont montré leur capacité d'abstraction et ont bien répondu. On ne peut que conseiller aux futurs candidats de prendre le temps de lire les éléments fournis dans le sujet plutôt que de faire, semble-t-il, une recherche par mots clés et d'avoir une démarche manichéenne : *je sais le faire car déjà vu ou jamais vu donc je ne saurais pas faire.*

Partie 3.3 – Synthèse de la boucle de position de la MCC

Les premières questions portaient sur la détermination de différents gains (capteurs, chaîne cinématique). Les résultats ne sont pas bons. On peut supposer que les candidats n'ont pas une représentation physique des différentes variables intervenant dans un système, mais qu'une vision calculatoire.

La simplification de modèles sur des considérations de dynamique des variables a été bien appréhendée ainsi que les calculs de fonctions de transfert.

La détermination de l'erreur en asservissement est bien traitée car les candidats s'appuient sur un résultat de cours. Par contre, la détermination de l'erreur en régulation est très généralement fautive. Bien souvent les candidats tentent d'appliquer un résultat de cours, mais de manière erronée plutôt que de poser le calcul ou d'appliquer les bonnes connaissances.

La question suivante était une synthèse d'un correcteur PI à l'aide d'un abaque. Trop souvent les candidats donnent quelques résultats d'un 2nd ordre sans répondre à la question.

On demandait enfin de faire preuve d'abstraction quant à des résultats fournis et le moyen de corriger le comportement du système. Cette partie a été très mal traitée, les candidats n'ayant généralement pas assez de recul quant au cheminement du sujet.

Partie 4 – FONCTION OBD (ON BOARD DIAGNOSIS)

Une première question demandait la valeur du courant de maintien de la machine à courant continu liée au ressort de rappel. Très souvent les candidats ont oublié l'influence du réducteur.

La question suivante était une analyse de diagrammes SysML de machines à états. Les candidats qui ont pris le temps de se plonger dans cette analyse ont montré qu'ils ont su lire et comprendre le comportement de ces machines. On peut attribuer le manque de réponses ou de réponses de qualités correctes pour cette question au fait qu'elle était la dernière du sujet et que les candidats se seraient trouvés pris par le temps.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

On conseillera, de nouveau, aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées. Cela permet d'une part de mieux gérer le temps imparti pour l'épreuve et de prendre du recul face à la problématique et d'autre part d'avoir un parcours de réponses aux questions plus harmonieux qu'un simple picorage des questions.

Ainsi, les correcteurs sont sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant alors des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par-ci par-là.

En terme de rendu d'épreuve, le cahier réponses ne doit pas être utilisé comme un cahier de brouillon (la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, mais elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation), ni se limiter à un simple catalogue de réponses sans justifications. Les conclusions de certaines questions ne peuvent être valorisées que si le candidat précise le cheminement qui l'a amené à ces dernières.

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B
CONCEPTION D'UN TRAIN ROULANT MOTEUR ET MODULAIRE POUR VEHICULE TOUT TERRAIN.

DUREE DE L'EPREUVE : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur la reconception d'un pont avant moteur et directeur destiné à des véhicules « tout terrain » ; ce pont est entièrement conçu et réalisé par la société TEXELIS POWER TRAIN. En vue de l'adaptation d'un pont existant à de nouveaux véhicules, le sujet proposait d'étudier les exigences liées au besoin de modularité. La « scission » du carter en trois parties distinctes, ainsi que les caractéristiques des nouveaux véhicules envisagés nécessitaient de dimensionner les assemblages entre les parties du carter en fonction des efforts mis en jeu, de vérifier les critères de dimensionnement des liaisons par éléments roulants, de mener à bien le choix d'un dispositif de freinage adapté, de justifier le choix d'une solution constructive basée sur un train épicycloïdal, et enfin de proposer et de représenter une conception globale guidée par des choix indiqués aux candidats.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Notice justificative 50 %
- Dessin d'étude de construction mécanique 50 %

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

- Etude de l'assemblage des trois parties du carter (Q1 à Q9)	11,2 %
- Etude des liaisons par éléments roulants (Q10 à Q16)	11,2 %
- Etude de dimensionnement du dispositif de freinage (Q17 à Q27)	13,3 %
- Etude de l'architecture de la réduction finale (Q28 à Q32)	14,3 %

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Le sujet était structurellement long, en particulier la notice, afin que les candidats puissent s'exprimer sur le vaste champ des compétences attendues tout en montrant leur capacité à aborder un problème technique et scientifique dans sa globalité. Une lecture complète du sujet était conseillée en début d'épreuve afin de s'imprégner du sujet. Les différentes parties proposées étaient indépendantes, et à l'intérieur de chaque partie, des résultats intermédiaires permettaient éventuellement de passer certaines questions plus difficiles.

Les changements intervenus suite à la modification des programmes de CPGE ne semblent pas avoir perturbé les candidats. La problématique proposée, présentée avec les outils de communication technique dédiés, a été globalement bien comprise par l'ensemble des candidats.

Les candidats ont fréquemment abandonné la notice justificative pour se consacrer au dessin : ils obtiennent en moyenne 35 % de leurs points sur la notice et 65 % sur le dessin d'étude de construction mécanique. Concernant la notice, une grande majorité des candidats a entamé chaque partie, avec une préférence pour les trois premières.

Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension. Chacune des exigences étudiées était détaillée. Toutes les questions posées étaient au niveau des candidats. A chaque question, plusieurs candidats ont obtenu le maximum des points, et, pour 73% des questions, au moins 10 % des candidats ont obtenu le maximum des points. Dans toutes les parties du sujet, des connaissances

de base étaient évaluées. Bon nombre de candidats n'ont pas montré une maîtrise suffisante de ces bases.

Les calculatrices sont interdites. Certaines applications numériques étaient un peu délicates et demandaient donc une aptitude à effectuer des approximations afin d'obtenir le résultat. Ainsi, lors de l'évaluation des copies, une tolérance a été systématiquement appliquée sur la précision des résultats attendus. Malgré cela, le jury constate et regrette que beaucoup de candidats aient choisi de laisser de côté les applications numériques qui pouvaient pourtant rapporter des points facilement.

Toujours à propos des applications numériques, le jury note que nombre de candidats se trompent sur les unités de certaines grandeurs classiques en sciences de l'ingénieur. Beaucoup aussi, ayant commis des erreurs dans leurs calculs, rapportent des résultats dont les ordres de grandeur sont complètement aberrants, sans revenir sur les calculs effectués, sans même effectuer le moindre commentaire tendant à indiquer qu'une erreur a probablement été commise (environ 80 candidats trouvent plus de 1600 vis pour assembler les deux carter, seule une petite vingtaine s'en étonne par écrit).

Point positif de cette épreuve, les candidats ont bien compris que :

- savoir communiquer sur des solutions techniques était essentiel dans notre environnement industriel international. Le respect stricto sensu des normes n'était pas évalué dans cette épreuve, mais lire et représenter clairement une solution permet de démontrer ses compétences d'analyse, de conception et de créativité ;
- avoir un regard critique sur les résultats numériques que l'on produit et principalement sur les ordres de grandeur est un gage de crédibilité.

ANALYSE PAR PARTIE

Remarques sur la partie notice justificative

Remarque générale :

Dans l'ensemble, cette partie a été traitée de manière décevante, les candidats ne réalisant en moyenne que 35% de leurs points malgré l'étendue des questions proposées. Les candidats ont su profiter des parties indépendantes. La quatrième partie, à l'exception de quelques questions très simples, a souvent été laissée de côté.

Etude de l'assemblage des trois parties du carter :

Les questions de cette partie ont été abordées en moyenne par 88% des candidats. En moyenne à chaque question, une part non négligeable des candidats (26%) n'obtient aucun point tandis que 28% d'entre eux obtiennent le maximum des points.

Moins d'un candidat sur deux identifie correctement les mobilités, et moins de 5% des candidats est capable de mener à bien le calcul du degré d'hyperstatisme du système proposé. La troisième question portait sur les actions mécaniques extérieures au pont étudié, en vue de l'identification des sollicitations sur le carter. Seuls 10% des candidats ont su identifier les actions mécaniques extérieures ; en particulier la plupart des schémas présentés ne respectaient pas l'équilibre du système. Globalement, seuls quatre candidats sur dix sont capables de représenter correctement les sollicitations extérieures dans le cas d'une flexion trois points. Suite à ces questions, il s'agissait de recenser correctement les dimensions nécessaires pour mener l'étude de théorie des poutres (réussie dans son intégralité pour 2% des candidats). Les données pour l'application numérique étant fournies, le calcul suivant concernait la contrainte normale maximale résultant de l'état de flexion ; il n'a été réussi que dans 37% des cas. Cependant le choix de matériau en découlant a été correct pour un

candidat sur deux. La finalité de cette partie, à savoir le dimensionnement du nombre de vis dans l'assemblage, est juste dans 28% des cas, tandis que 45% des candidats ont su proposer une solution raisonnable pour permettre d'augmenter la marge de sécurité sur ce calcul.

Etude des liaisons par éléments roulants :

Les questions de cette partie ont été abordées en moyenne par 67% des candidats. En moyenne à chaque question, une part importante des candidats (47%) n'obtient aucun point tandis que 25% d'entre eux obtiennent le maximum des points.

A la première question, qui abordait la justification du dimensionnement des roulements du système en fonction de la charge statique ou dynamique, seuls 29% des candidats ont obtenu la bonne réponse. Le jury note beaucoup de confusions entre la notion de charge « tournante » par rapport à l'une des bagues, et celle de vitesse de rotation du roulement. Le choix de l'axe de roue était une question plus difficile (9% de bonnes réponses), impliquant la compréhension des efforts réels exercés sur le pneumatique. Ensuite une application numérique simple, consistant à calculer les composantes des efforts dans une base proposée, n'a été maîtrisée que dans 18% des copies, la plupart des candidats se trompant sur la masse maximale du véhicule ou dans les projections suivant les axes. Les équations du problème issues du principe fondamental de la statique ne sont correctes que dans un tiers des cas ; cependant les candidats analysent correctement (77% des copies) que le système ne peut pas être résolu directement. L'application numérique qui suit n'obtient les bons résultats que dans 4% des cas, et seul un candidat sur quatre est capable de mesurer correctement les dimensions des roulements sur le plan fourni en appliquant la bonne échelle. Pour les deux dernières questions de cette partie, il s'agissait d'utiliser un algorithme de calcul proposé par un constructeur de roulement. Une coquille s'était glissée dans le cahier réponse à la question 15 mais semble avoir été détectée aisément par les candidats ayant abordé cette question ; le jury a tenu compte du flou possible lié à cette question dans sa correction. Malgré cela, les deux dernières questions n'ont connu que peu de réussite (moins de 20% des candidats obtiennent des points) ; la plupart des candidats les ont d'ailleurs délaissées.

Etude de dimensionnement du dispositif de freinage :

Les questions de cette partie ont été abordées en moyenne par 68% des candidats. En moyenne à chaque question, une part non négligeable des candidats (34%) n'obtient aucun point tandis que 28% d'entre eux obtiennent le maximum de points.

Dans cette partie, les équations du problème étaient données aux candidats. Seulement 40% d'entre eux ont été capables d'expliquer correctement le signe des efforts exercés par la route sur les pneumatiques, et à peine 6% des candidats ont su justifier rigoureusement l'origine de l'ensemble des équations fournies. Dans les questions qui suivaient, il s'agissait d'exploiter les équations fournies pour obtenir l'expression des couples de freinage sur l'essieu avant et arrière. Ces questions ont été réussies par environ 20% des candidats, excepté pour l'application numérique qui ne compte qu'1% de bonnes réponses. Un résultat intermédiaire était fourni afin de tester la capacité des candidats à analyser un document constructeur. Cette question a été globalement bien traitée (par presque six candidats sur dix), mais les applications numériques qui suivaient n'ont correctement abouti que dans 5% des cas ou moins. Les avantages de la solution proposée en termes de sécurité de la solution choisie n'ont été compris que par 20% des candidats. A noter que nombre de candidats pensent qu'une pression de 0,7 MPa dans un piston ne peut être exercée que par une énergie hydraulique.

Etude de l'architecture de la réduction finale :

Cette partie a été beaucoup moins abordée que les précédentes. Pour des raisons de manque de temps ou de difficulté, les candidats ont majoritairement choisi de se reporter sur le dessin. Ainsi les questions de cette partie ont été abordées en moyenne par 30% des candidats. En moyenne à chaque question, une part importante des candidats (54%) n'obtient aucun point tandis que 23% d'entre eux obtiennent le maximum des points.

Les questions les mieux traitées (entre 20% et 30% de bonnes réponses) concernent le bilan énergétique du réducteur et les explications et justifications de la solution constructive basée sur un train épicycloïdal. Les autres questions de cette partie, ont été dans l'ensemble relativement mal traitées (moins de 10% de bonnes réponses), et notamment les applications numériques nécessaires à la justification de la solution constructive.

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

Remarques générales :

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

- la solution de guidage en rotation du différentiel dans la partie centrale du carter ;
- l'assemblage de la couronne conique sur le boîtier du différentiel ;
- l'assemblage de la partie gauche du carter sur la partie centrale.

Les candidats n'ont pas eu de difficulté à appréhender l'environnement.

Dans l'ensemble, cette partie a été traitée de manière plus satisfaisante que la précédente. Les études proposées par les candidats ont généralement laissé peu d'ambiguïté sur les solutions techniques choisies.

Zone 1 : guidage en rotation du différentiel par rapport à la partie centrale du carter

Quasiment tous les candidats (97%) ont proposé une solution pour ce montage de roulement. Un schéma des roulements était fourni avec la bonne échelle dans les documents ressources, permettant aux candidats de « décalquer » directement la solution à implanter.

Cependant, une part significative d'entre eux (20%) ne réalise pas correctement le montage en « X » demandé, mais plutôt en « O », voire même implante les deux roulements dans le même sens ou oublie les portées de roulement dans le carter. De même, 20% ne sont pas capables de positionner correctement les arrêts axiaux des bagues. Enfin seuls 40% des candidats indiquent correctement les ajustements nécessaires pour le montage des bagues des roulements. Il s'agissait également de permettre un réglage de la précontrainte des roulements. Ce point a été correctement réalisé par environ un candidat sur deux.

Zone 2 : liaison complète de la couronne sur le boîtier de différentiel

Une solution a été proposée par 84% des candidats. Cependant une solution adéquate n'est obtenue que pour 26% d'entre eux. Les oublis principaux concernent le centrage de la couronne sur le boîtier, et le réglage de la position axiale par rapport au pignon conique. Les solutions proposées pour le montage du différentiel (en lien avec le guidage par éléments roulants) ne sont montables que dans 58% des solutions proposées.

Zone 3 : assemblage entre les deux parties du carter

Une solution pour assembler les parties gauche et centrale du carter est proposée par 90% des candidats. Pour plus de 70% d'entre eux, l'idée d'une mise en position est réalisée correctement par

un appui-plan, mais le centrage court correspondant n'est pas toujours présent (dans 44% des solutions seulement). Près de 25% des candidats omettent également d'assurer le maintien en position. Pour environ 50% des candidats, la conception des pièces du carter respecte à peu près une obtention du brut par procédé de moulage. En particulier, la vue en coupe B-B est souvent apparue incorrecte, ne représentant que la portée du roulement, et omettant la partie externe du carter. Enfin les solutions proposées pour l'assemblage des pièces du carter sont montables dans près de 70% des cas.

Pour résumer, quelques candidats proposent des solutions complètement satisfaisantes fonctionnellement, mais aussi du point de vue des formes des pièces. La grande majorité des candidats ont su montrer des éléments de solution intéressants sans complètement satisfaire l'ensemble des exigences. Des éléments importants comme la montabilité, la réalisation des guidages, la mise en position ou le maintien en position, la forme des pièces liée au procédé d'obtention, sont souvent oubliés ou alors maîtrisés de façon incomplète. Enfin quelques candidats, plus rares, ont montré une compréhension très insuffisante des notions de conception.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Le jury conseille aux futurs candidats de :

- parcourir l'ensemble du sujet afin d'identifier les parties dans lesquelles ils se sentent le plus à l'aise ;
- dans la partie « dessin d'étude de construction mécanique », de privilégier les solutions qui soient les plus simples possibles. L'indication d'éléments de compréhension à l'attention du jury, comme les jeux fonctionnels ainsi que les ajustements ne peut être qu'encouragée ;
- de ne pas appliquer systématiquement des solutions types vues ailleurs, mais plutôt d'analyser en profondeur les spécificités du système étudié et de respecter les exigences décrites dans l'énoncé ;
- de connaître et maîtriser les connaissances de base théoriques (torseur de cohésion, formules de résistance de matériaux, application du principe fondamental de la statique ou de la dynamique, du théorème de l'énergie puissance, lois du frottement, etc...), y compris les hypothèses et limitations sous-jacentes, au même titre que les principes de conception élémentaires (matériaux, procédés, réalisation des liaisons élémentaires notamment encastrement et pivot, réalisation d'un montage de roulements, etc) ;
- d'effectuer les applications numériques. En dépit de l'interdiction des calculatrices des points peuvent être très facilement gagnés sur quelques calculs qui sont assez simples. Le jury invite également les candidats à porter un jugement sur la crédibilité des résultats obtenus : certains ordres de grandeurs alertent sans ambiguïté sur une erreur dans l'application numérique. Dans ce cas, il s'agit de corriger, ou à minima de mentionner le fait que le résultat est inexact ;
- de multiplier les activités d'analyse sur des systèmes réels afin de développer une culture technologique suffisante pour proposer des solutions réalistes et le plus souvent simple

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C **AUTOMATED GUIDED VEHICLES.**

DUREE DE L'EPREUVE : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet portait sur l'étude d'un AGV développé sur mesure pour une application de gestion de stock de bobines de papier. La problématique générale porte sur la conception de l'AGV et sa gestion énergétique en cycle d'utilisation (déplacement de l'AGV, pose – dépose des bobines, rechargement des batteries de l'AGV).

Les poids relatifs des différentes parties du sujet étaient :

- Partie 1 : Choix d'une stratégie énergétique	15 %
- Partie 2 : Réglage des éléments de sécurité	15 %
- Partie 3 : Dimensionnement de la motorisation de traction	15 %
- Partie 4 : Conception d'un train roulant moteur	30 %
- Partie 5 : Dimensionnement du support de train roulant	25 %

COMMENTAIRES GENERAUX

Cette épreuve a pour objectif d'évaluer les capacités des candidats dans les domaines des sciences industrielles de l'ingénieur et, plus précisément, les aspects liés à l'analyse d'un système industriel et à la conception d'un sous-système mécanique. Les compétences attendues concernent :

- l'analyse, la prédiction et la vérification des performances attendues de systèmes ou sous-systèmes à partir de modélisations ;
- l'imagination, le choix, la définition et le dimensionnement de solutions techniques intégrant des contraintes du cycle de vie, en particulier celles d'industrialisation.

Première épreuve après un changement de programme, le jury constate la présence de copies de grande qualité montrant, de la part de candidats, de réelles compétences en analyse et conception. Mais il constate aussi un taux de réussite moyen dégradé par rapport aux années précédentes. Les parties les mieux traitées ont été les parties à application directe de formules ou culturelles. Les applications numériques sont rarement bonnes, les candidats sont trop souvent insensibles aux ordres de grandeurs. Les parties 3 et 5 ont été globalement mal traitées. Les intentions de conception sont, dans l'ensemble, décevantes.

Cependant, les questions portant sur les nouveaux points du programme, essentiellement sur des éléments de cours cette année, n'ont pas été mieux ou moins bien traitées que les autres.

Les candidats ont, pour la plupart, abordé l'ensemble des parties. Les questions de la partie 5 portant sur le choix d'un matériau ont cependant été peu traitées.

Si le sujet était relativement long, il comprenait quelques questions très simples que tout candidat attentif et motivé aurait dû traiter.

Le jury souhaite que les macro-compétences du programme (analyser, modéliser, concevoir...) s'appuient sur un minimum de compétences techniques. Ci-après quelques exemples de sujets mal traités par de trop nombreux candidats : principe fondamental de la dynamique en moment sur un unique ensemble et pour un problème plan, calcul d'un rapport de transmission d'un train plan, détermination de la distance d'arrêt à décélération constante, distinction entre pivot glissant et glissière, entre guidage et liaison.

La répartition des notes des candidats reste satisfaisante.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Remarques sur la partie 1 (choix d'une stratégie énergétique)

Cette première partie, relativement courte et bien traitée (taux de réussite de 45%), permettait au candidat d'appréhender le système dans son fonctionnement général d'un point de vue énergétique. Son objectif était la définition de la consommation électrique au cours du cycle standard et la proposition d'une stratégie de gestion de l'énergie au regard d'une exigence d'autonomie.

Quelques erreurs courantes : Q2, utilisation de la masse totale du chariot ; Q4, non prise en compte des deux variations d'énergie cinétique ; Q5 non-utilisation du vocabulaire énergétique défini dans les questions précédentes (potentielle et cinétique), Q6, confusion très fréquente entre énergie et puissance.

Remarques sur la partie 2 (réglage des éléments de sécurité)

L'objectif de cette deuxième partie était le réglage des scrutateurs vis-à-vis d'exigences de sécurité. En dehors des questions 12 et 14, elle a été traitée par une grande majorité des candidats, avec, cependant, un taux de réussite moyen plus faible (38%).

Q10, le jury attendait une inégalité ; Q11, Q12 et Q15, calculs très rarement justes alors qu'avec un peu de recul, les compétences demandées étaient élémentaires ; Q16 bien traitée.

Remarques sur la partie 3 (dimensionnement de la motorisation de traction)

Cette partie, en s'appuyant sur un raisonnement énergétique permettait de dimensionner des éléments de la chaîne de traction. Le taux de réussite moyen est de 26%. Elle faisait aussi l'objet de questions sur les technologies de contrôle des moteurs. Autour de ce thème, le jury constate des résultats par lot très prononcés, laissant supposer, plus que pour les autres parties, un impact important de la préparation des candidats sur les réponses, mais aussi sur le fait que le candidat traite ou non ces questions.

Q18 et Q19 peu et mal traitées, le lien entre les termes de puissance du TEC et les puissances définies dans le sujet étant rarement compris. De bonnes réponses cependant.

Remarques sur la partie 4 (conception d'un train roulant moteur)

Cette partie proposait au candidat de définir une intention de conception du train roulant après l'analyse de la chaîne de traction.

Les questions portant sur la caractérisation cinématique du train montrent un manque de maîtrise des calculs de rapports de réduction de trains simples.

Q34 et Q35, beaucoup de confusion entre pivot-glissant et glissière. Le calcul d'hyperstatisme est rarement juste du fait d'une mauvaise détermination de la mobilité. Les propositions de modification font très souvent perdre l'aspect fonctionnel de la transmission (couple moteur de traction ne pouvant plus être transmis).

Concernant les propositions de solutions constructives, le jury est déçu par le résultat. Il semble en effet que de nombreux candidats n'aient pas fait le lien entre le schéma cinématique proposé et les solutions constructives à définir. Cela aurait pourtant permis d'éviter des erreurs grossières de compréhension : couronne dentée (Z_1) solidaire du carter moteur (2) en zone 1 ; guidage en rotation suivant un axe horizontal ou réalisé directement sur l'axe moteur en zone 2.

Le sujet proposait aux candidats de réfléchir sur leur solution indépendamment de la proposition en dessin technique, dans l'esprit du programme. Certains candidats ont parfaitement répondu à cette attente, proposant une solution définie par un schéma technologique complémentaire du dessin type industriel. Cependant, la grande majorité des schémas technologiques sont sans valeur ajoutée, car ne permettant pas de comprendre la solution envisagée ni d'évaluer la pertinence et la faisabilité de la structure proposée, quand ils ne sont pas une simple duplication du dessin.

Remarques sur la partie 5 (dimensionnement du support de train roulant)

Cette partie proposait au candidat de s'exprimer sur le triptyque produit-procédé-matériau. Le début de cette partie s'appuyait sur une étude de résistance des matériaux pour dimensionner la plaque support et effectuer un choix de matériau. La fin reprenait des éléments de cotation et de fabrication.

Cette partie a été globalement mal traitée, les candidats répondant de façon éparse aux différentes questions. La démarche de dimensionnement proposée n'est que très peu connue des candidats, alors même qu'elle a été proposée plusieurs fois dans des sessions précédentes de l'épreuve.

La partie « obtention de la base » montre des résultats proches de la discussion de comptoir. Le jury regrette fortement l'absence de connaissances mobilisables sur les moyens de fabrication et l'environnement de production de pièces.

Q40 et Q41 : des réponses décevantes concernant cette partie RDM relativement simple, notamment sur les conditions limites en déplacement et leurs conséquences sur le moment, ainsi qu'un manque de réponse sur la position de la section dimensionnante.

Q42 à Q48 : très peu de réponse sur cette partie. Le jury note toutefois quelques très rares belles copies qui montrent une excellente appropriation des concepts évalués sur ces questions.

Q49 à Q51 : quelques points glanés sur l'ensemble de ces questions. Le jury note une baisse de connaissance réelle par rapport aux années précédentes.

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.

Bien que certaines questions soient culturelles, c'est aussi le raisonnement qui est pris en considération.

Enfin, il est fortement conseillé aux candidats de justifier brièvement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé. Un résultat juste pouvant provenir d'une démarche fautive n'est pas pris en compte.

Les écritures soignées, l'utilisation de couleurs en particulier pour mettre en valeur les schémas 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.