

Rapport de Projet TSI 2011

FARDELEUSE



1. Présentation de l'épreuve

Ce sujet d'une durée de 6 heures concernait l'étude d'une fardeleuse pour emballer sous film plastique des produits du commerce.

Le support industriel a permis d'aborder une grande partie du programme des deux années de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur de TSI.

Pour la quatrième année de l'épreuve de projet sous sa forme actuelle :

- les problématiques étaient abordées d'un point de vue fonctionnel ;
- les objectifs étaient clairement définis à chaque niveau d'analyse ;
- les champs disciplinaires étaient abordés de façon imbriquée.

Le sujet comportait quatre parties indépendantes, relatives à une fonction technique du système étudié. Les parties étant de proportions assez différentes, il avait été proposé aux candidats au début du sujet la répartition suivante des points :

- partie 1 : 10 %,
- partie 2 : 50 %,
- partie 3 : 20 %,
- partie 4 : 20 %.

La première partie cherchait à réorganiser les différentes tâches pour respecter la cadence souhaitée dans le cahier des charges.

La seconde partie permettait de choisir les constituants électriques permettant un chauffage, mais aussi de modéliser un système de régulation de température en vue de proposer un correcteur permettant de satisfaire le cahier des charges.

La troisième partie cherchait à dimensionner un ensemble variateur et moteur permettant au système de garantir les cadences du cahier des charges.

Enfin, la quatrième partie permettait de dimensionner un arbre et des roulements d'une liaison pivot et d'en proposer une solution constructive.

2. Remarques générales

Le sujet ne comportait pas de difficultés particulières, c'est pourquoi chaque question a été correctement traitée par une partie des candidats.

On constate toutefois que le niveau des candidats est très hétérogène. Certains candidats ne maîtrisent pas les bases des outils de la discipline.

Dans l'ensemble, les copies sont claires (réponses encadrées, ...) et structurées, ce qui facilite la correction. Des efforts de rédaction peuvent encore être effectués et certains candidats ont une vision de l'orthographe très approximative.

3. Remarques particulières question par question

Partie I : analyse fonctionnelle du système et étude du comportement séquentiel

Cette première partie a été entièrement traitée par la grande majorité des candidats.

Q1 à Q4 concernaient la description de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information permettant de réaliser une fonction technique du système. La matière d'œuvre a été rarement bien définie car les candidats ont défini celle du système complet et non celle de la chaîne fonctionnelle étudiée. On peut également noter que certains ressortent des schémas types (variateur-moteur asynchrone-système poulie courroie-...) qui n'ont rien à voir avec la chaîne fonctionnelle étudiée. Enfin, on a pu voir dans certaines copies de nouvelles notions comme « l'énergie pneumatique analogique ... ».

Q5 à Q7 concernaient la recherche d'une cadence maximale et la description des tâches du système par un grafcet. Le calcul des cadences n'a pas posé de problèmes. On regrette cependant le peu de rigueur sur la syntaxe des grafquets proposés : il manquait très souvent des transitions et des étapes de synchronisation lors des séquences en parallèle.

Partie II : étude de la fonction FT3 : « rétracter le film sur le produit »

Le choix des constituants et la modélisation de la régulation ont été abordés par une majorité de candidats avec plus ou moins de réussite. Le choix du correcteur et de ses caractéristiques a été globalement mal traité.

Q8 et Q9 portaient sur le choix du thermocouple parmi différents types donnés avec leurs caractéristiques (gamme de température, précision) ainsi que la proposition d'un autre constituant pouvant assurer son rôle. La plupart des candidats ont choisi et justifié le bon capteur, mais on déplore trop de réponses vagues sur un autre type de composant (par exemple capteur de température...).

Q10 à Q15 portaient sur le choix des résistances de chauffe du four. La justification de l'augmentation du coefficient de sécurité a été interprétée dans la majorité des copies comme un élément de sécurité au sens de la protection des personnes. En fait, ce coefficient permet de déterminer la puissance de chauffe du four sachant qu'il ne constitue pas une enceinte close. Le calcul de la puissance nécessaire de chauffe (une simple application numérique) a été bien réalisé, mais il a été constaté trop d'erreurs dans l'expression de la puissance dissipée par 3 résistances montées en triangle. Cela témoigne de lacunes chez beaucoup de candidats dans le domaine du triphasé. Le choix et la justification des résistances ont été assez correctement traités mais la différence entre les 2 puissances calculées a été problématique.

Q16 à Q18 concernaient le choix du relais statique. La plupart des candidats ont bien déterminé T_c (période du signal de commande) mais trop peu ont réussi à calculer le courant efficace en ligne alors qu'il s'agit d'une question simple de triphasé.

Q19 demandait de compléter le schéma structurel, de proposer la structure comparateur correcteur et d'identifier les causes de perturbations. Le schéma a été globalement bien complété et les causes de perturbations plutôt bien identifiées mais très peu ont réussi à proposer la structure recherchée.

Q20 n'a pas posé de difficultés aux candidats.

Q21 à Q24 concernaient la modélisation du relais statique. Trop de copies comportaient des erreurs dans l'expression de la puissance moyenne avec notamment des confusions inacceptables entre valeurs maximale, efficace et instantanée.

Q25 à Q27 permettaient d'écrire l'équation différentielle liant température du four, température ambiante et puissance de chauffe. Elles ont globalement été assez bien traitées.

Q28 peu de candidats réussissent à proposer un schéma-bloc correct.

Q29 et Q30 permettaient d'établir la fonction de Transfert $F_1(p) = \frac{\Theta(p)}{P(p)}$ et de dessiner l'allure de la réponse indicielle. Cela a été bien traité.

Q31 cette question concernait l'identification du temps de retard T_d et la justification de la démarche. Trop de candidats confondent temps de retard et temps de montée ! De plus, les explications sont trop vagues.

Q32 et Q33 permettaient d'établir une nouvelle fonction de transfert $F_2(p)$ tenant compte de ce retard et de tracer la réponse indicielle avec ce nouveau modèle. Dans l'ensemble, cela a été assez bien traité.

Q34 cette question concernait l'identification de R_{theq} (résistance thermique équivalente) et de $\tau = R_{theq} \cdot m \cdot C_p$ (constante de temps). Ceux qui l'ont traitée ont trouvé sans problème la constante

de temps τ , mais la résistance thermique a été plus problématique avec une grave confusion d'unité. Ainsi, le plus souvent, R_{th} était exprimée en Ω et non pas en $^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

Q35 a été bien traitée.

Q36 permettait de justifier que l'étude de stabilité de $H_1(p)$ suffisait pour étudier la stabilité globale. Il suffisait de préciser que $H_1(p)$ et $H_2(p)$ avaient même dénominateur. Il est à constater que peu de candidats ont répondu, et les réponses étaient pour la plupart fausses voire farfelues.

Q37 dans cette question et les six suivantes, il s'agissait d'étudier les effets d'un correcteur proportionnel quant à la stabilité et la précision. L'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte $FTBO(p)$ n'a pas posé de problème particulier.

Q38 très peu de candidats ont réussi à tracer le diagramme de Bode, le retard T_d les a beaucoup perturbés malgré l'approximation : $e^{-T_d p} \approx \frac{1 - \frac{T_d}{2}p}{1 + \frac{T_d}{2}p}$ et les rappels donnés dans l'énoncé.

Q39 et Q40 permettaient d'étudier la stabilité en boucle fermée avec cette valeur de K et de choisir ce gain pour imposer les marges de stabilité souhaitées. Les quelques candidats qui ont abordé ces questions ont plutôt bien répondu en récitant souvent par cœur le cours.

Q41 à Q44 traitaient de la précision du système. Il s'agissait de déterminer la valeur de température de sortie en régime permanent pour un échelon de consigne de 180°C , puis pour un échelon de 20°C sur l'entrée θ_a , puis en superposant les deux entrées et enfin de conclure sur la précision vis-à-vis du cahier des charges. Elles n'ont pas posé de problèmes aux quelques candidats qui les ont abordées.

Q45 à Q47 traitaient de l'utilisation d'un correcteur PI. Elles ont été abordées dans un grand nombre de copies. La plupart ont reconnu le type de correcteur mais ont eu un peu de mal à justifier leur choix. Un assez grand nombre de candidats est parvenu à indiquer les marges de phases et de gain mais peu ont réussi à s'assurer que les critères de performances de la fonction FT32 étaient vérifiés par ce second correcteur.

Partie III : choix du variateur et du moteur pour la fonction FT2 : « convoyer et positionner le produit »

Cette troisième partie a été assez mal traitée par les candidats alors qu'elle était proche de questions posées dans les sujets des années précédentes.

Q48 à Q51 permettaient de calculer les accélérations et les vitesses maximales pour respecter la cadence souhaitée. Le déplacement, le temps et le profil de vitesse étaient ainsi imposés. Les questions se terminaient par le choix du nombre de pôles d'un moteur asynchrone à partir de la vitesse calculée. Les deux premières ont posé de grosses difficultés aux candidats. On a eu trop souvent la réponse $V_{max} = d/T$ alors qu'il fallait intégrer le profil de vitesse pour avoir la distance d parcourue ou plus simplement calculer l'aire du trapèze. Par la suite, les candidats ont souvent oublié le rapport de réduction pour calculer la vitesse du moteur.

Q52 à Q56 permettaient de choisir un moteur pour respecter les accélérations maximales imposées par la cadence. La méthode proposée se basait sur l'utilisation du théorème de l'énergie puissance. Cette année, il avait été choisi, pour aider les candidats, de donner l'ensemble isolé. Ces questions basiques de mécanique ont été mal traitées. La direction de l'action tangentielle $\vec{T}_{support \rightarrow tapis}$ a été souvent prise suivant \vec{g} . L'écriture des puissances totales en puissance extérieure et intérieure est mal maîtrisée alors que le total est souvent correct. On peut cependant noter que la méthode pour trouver l'inertie équivalente est bien comprise malgré des confusions sur l'inertie équivalente du réducteur ramenée sur l'arbre moteur et sur le rapport de réduction. Ce rapport de réduction : $r = 1/15$ était donné dans le sujet, ce qui impose que : $\omega_c = r \cdot \omega_m$ et non l'inverse comme l'ont écrit de nombreux candidats.

Q57 n'a pas posé de difficultés aux candidats.

Q58 a été assez mal traitée. Beaucoup de candidats ont parlé de rapidité de la liaison bus CAN plutôt que de la possibilité de supervision du système.

Partie IV : dimensionnement et proposition d'une solution pour réaliser la fonction FT24 : « transformer l'énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation »

Cette dernière et quatrième partie a été moins traitée que les trois premières.

Q59 et Q60 permettaient de trouver une relation entre la tension du tapis et les efforts sur l'arbre de guidage du rouleau considéré comme une poutre. Ces questions basiques de statique ont montré que les candidats avaient des difficultés dans ce domaine. On a souvent vu que $T_0 = 2 \cdot F$.

Q61 à Q64 permettaient de dimensionner le diamètre de l'arbre à partir du chargement imposé. Elles faisaient appel à la résistance des matériaux et on pouvait craindre qu'elles ne rebutent les candidats, mais ce ne fut pas le cas. Si une bonne partie a répondu correctement à la question **Q61**, on peut juste conseiller de donner un résultat simplifié. La recherche de l'expression de la contrainte maximale a été faite mais les démonstrations sont très souvent légères pour arriver à la bonne expression proposée : malgré des expressions erronées du moment fléchissant, les candidats arrivent au bon résultat. Enfin, le dimensionnement de l'arbre en considérant un critère de limite élastique a été assez bien réalisé, mais l'utilisation du coefficient de sécurité n'est pas toujours correcte. On a souvent pu lire que $\sigma_{xx_{max}} \leq Re \cdot S_c$ alors que $S_c > 1$.

Q65 et Q66 permettaient de finaliser cette sous partie en choisissant un matériau et en donnant une valeur de diamètre pour respecter le critère choisi. La question était certes ouverte mais on attendait pour le choix du matériau un discours cohérent de la part des candidats. Beaucoup de candidats ont choisi le matériau le plus résistant et sûrement le plus cher alors que l'application numérique de d_{mini} n'avait pas encore été faite.

Q67 à Q69 permettaient de valider le choix des roulements ainsi que de réaliser leur dimensionnement. Ces questions ont été peu traitées car elles se situaient à la fin du sujet juste avant la conception. On a pu toutefois lire dans certaines copies que « les roulements étaient étanches du fait de leur utilisation dans un milieu humide provoquée par la possibilité de l'éclatement des bouteilles d'eau ».

Q70 cette dernière question permettait de proposer une partie de la solution de la fonction technique étudiée. Seulement environ un tiers des candidats l'a abordé. On n'a que trop rarement pu lire des solutions envisageables au niveau industriel.

4. Conseils et encouragements pour l'année suivante

Pour les années futures, on ne peut que conseiller les candidats sur les points suivants :

- consacrer un temps suffisant à la lecture intégrale du sujet,
- gérer les 6 heures de l'épreuve de façon à aborder l'ensemble des parties et ne pas rester bloqué trop longtemps,
- répondre précisément aux questions posées. Si une expression littérale est demandée, les correcteurs attendent de la retrouver clairement dans la copie. Il en est de même pour les applications numériques,
- rédiger clairement (encadrement des résultats, ...) et de façon structurée (regroupement des questions d'une même partie, utilisation de copies séparées pour les différentes parties,...),
- connaître ses cours et travailler assidûment permettront d'aborder l'épreuve de Projet avec sérénité.

