

Option

Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Présentation du sujet

Le support de l'épreuve de S2I de la filière MP session 2019 est un dispositif de mise à l'eau d'un robot sous-marin ROV (Remotely Operated Vehicle) employé pour enfouir les câbles d'une ferme d'éolienne. Il est développé par la société Louis Dreyfus TravOcéan basée à Marseille.

Lors des opérations de mise à l'eau, le ROV est suspendu par une grue portique fixée sur le pont du bateau support. L'objet de l'étude est de valider que la solution retenue permet de diminuer l'amplitude des oscillations du ROV malgré les oscillations du bateau support soumis à une forte houle.

Analyse globale des résultats

Le sujet est conforme dans sa taille puisque plusieurs candidats ont abordé toutes les questions.

Les candidats préparés à une approche globale d'un problème ont produit des copies remarquables et ont su s'approprier les nombreuses informations fournies dans le texte. Par sa structure progressive, la démarche proposée a permis à la grande majorité des candidats de s'impliquer dans la résolution du problème proposé et à certains de proposer une analyse des performances globales remarquablement argumentée. À l'opposé, les candidats qui ont parcouru le sujet à la recherche de points faciles ont échoué, car il était indispensable de s'approprier la problématique de l'étude pour pouvoir progresser.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Comme chaque année, le jury tient à rappeler, avec la plus grande insistance, que les réponses fournies ne peuvent se limiter à de simples affirmations. Les réponses sans argumentation ne sont pas prises en compte, quand bien même elles seraient correctes. Par la suite, ce rapport précise les attendus du jury sur cet aspect.

Dans la rédaction d'une réponse, la démarche retenue doit apparaître de façon explicite et ordonnée. Les hypothèses simplificatrices doivent être clairement indiquées et justifiées. Les unités des différentes grandeurs exprimées numériquement doivent être systématiquement indiquées.

Le jury souhaite que les réponses soient rédigées dans l'ordre quand bien même elles seraient abordées dans un ordre différent, que les numéros des questions soient indiqués, que les réponses aux questions soient mises en évidence et que les développements amenant à ces réponses soient rédigés de manière lisible et compréhensible.

Trop de candidats trouvent des valeurs numériques sans se demander si elles sont cohérentes avec le système étudié, ce qui conduit certains à valider des valeurs totalement aberrantes vis-à-vis de la fonction du système.

I Introduction

Cette partie a pour objectif de vérifier si le bateau, sans dispositif particulier, est capable de limiter les effets de la houle.

Les deux questions de cette partie ne présentent pas de problèmes particuliers et ont d'ailleurs été réussies par la majorité des candidats. Toutefois on peut relever un manque de rigueur dans les réponses apportées. Les candidats utilisent trop souvent la variable de Laplace p quand ils travaillent dans le domaine fréquentiel, où p doit être remplacé par $j\omega$. Certains ne font pas le lien entre le module de la fonction de transfert et le rapport des amplitudes de la sortie sur l'entrée. De plus l'échelle logarithmique est trop souvent mal employée.

II Transfert du ROV : étude de l'actionneur de mise à l'eau

L'objectif de cette partie est de vérifier le dimensionnement du vérin de la grue portique permettant la mise à l'eau du ROV.

L'étude géométrique, assez classique, a été très bien traitée. Le graphe de structure, proposé avec les conventions de représentation des schémas multiphysiques, a été très bien compris. Toutefois, on peut s'étonner que des candidats soient gênés pour déterminer la course d'un vérin linéaire.

Le dimensionnement en statique n'a pas été abordé avec la rigueur nécessaire. Le cas d'un ensemble de solides à l'équilibre soumis à l'action de deux glisseurs illustre bien cette difficulté à évoquer les bons arguments. Le résultat était donné mais rares sont les candidats pouvant apporter une justification rigoureuse, même en se limitant à un rappel de résultat du cours.

Pour la détermination de la résultante de l'effort de poussée du vérin, la grande majorité des candidats trouve l'expression littérale exacte. Mais, ce résultat est trop souvent déterminé sans justification correcte.

La justification de la stratégie d'étude par la volonté de ne pas faire apparaître les inconnues de liaison est rarement explicitée correctement. Il est rappelé qu'il est indispensable de préciser le système isolé et qu'une analyse rigoureuse des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur ce système doit être conduite sans oublier les composantes d'efforts qui sont nulles. Ce sont d'ailleurs généralement ces composantes nulles qui sont utilisées pour définir une stratégie de résolution. Les futurs candidats devraient réfléchir à la différence entre une inconnue cherchée et une inconnue non cherchée. La stratégie de résolution s'appuie sur l'idée qu'il faut écrire les équations qui lient les inconnues recherchées aux grandeurs connues et ceci au détriment des inconnues non cherchées.

Beaucoup trop de candidats confondent la nullité d'un vecteur avec la nullité d'une des composantes de ce vecteur. Ainsi, si dans une liaison pivot parfaite d'axe (C, \vec{z}_0) on peut écrire que la projection sur \vec{z}_0 du vecteur moment des actions transmissibles est nul, en revanche, on ne peut pas dire que le vecteur moment est nul.

III Étude du système de compensation de houle PHC (Passiv Heave Compensator)

L'objectif de cette partie est de dimensionner un système passif de compensation de la houle et de tester sa conformité aux exigences du cahier des charges.

Ces questions ont été très largement abordées et assez bien réussies. Mais là encore le jury déplore le manque de rigueur dans l'argumentation et une rédaction bien souvent négligée. Par exemple, l'inventaire des actions mécaniques est trop souvent incomplet ou encore le théorème utilisé n'est pas rappelé. Le jury insiste sur l'importance du vocabulaire. Il y a régulièrement une confusion entre le principe fondamental de la dynamique et le théorème de la résultante dynamique.

En dehors de quelques fautes de calcul, la détermination de fonctions de transfert exprimées dans le domaine de Laplace et l'identification des grandeurs canoniques n'a que très rarement posé de problème aux candidats. En revanche, la valeur du gain maximal a été très peu justifiée correctement. Le gain maximal était essentiellement dû au numérateur du premier ordre de la fonction de transfert, il a été très souvent attribué à la résonance du dénominateur du second ordre. Seule une estimation rigoureuse de l'influence respective du numérateur et du dénominateur permettait de conclure.

Il apparaît trop souvent des affirmations sans justification. Pour que l'argumentation du candidat soit validée, elle doit à la fois faire apparaître une référence à la performance à vérifier, son critère, la comparaison de son niveau avec le résultat obtenu et la conclusion. Une réponse telle que « le seul compensateur à adopter est le PHC4 » n'est pas recevable même si elle est exacte.

IV Étude du système actif de compensation de houle AHC (Active Heave Compensator)

L'objectif de cette partie est de dimensionner un système actif de compensation de la houle et de valider sa conformité aux exigences du cahier des charges.

Le calcul du moment d'inertie a été très bien effectué et la grande majorité des candidats relève la coquille du sujet qui conduit à une expression du moment d'inertie qui n'est pas homogène. Les candidats qui n'ont pas relevé cette coquille n'ont bien évidemment pas été sanctionnés. Mais le jury déplore qu'un certain nombre de candidats ne sache pas exprimer le volume d'un cylindre de révolution. De plus, la détermination de l'inertie équivalente est rarement abordée et très peu réussie, montrant la maîtrise insuffisante de cette grandeur fondamentale de la mécanique par une grande majorité des candidats.

La rédaction de l'étude énergétique est trop souvent négligée. Il est rappelé que l'inventaire des puissances doit être séparé en deux parties : l'inventaire des puissances des actions extérieures dont la notation est $P(i \rightarrow j/\text{galiléen})$ et l'inventaire des puissances des actions intérieures dont la notation est $P(i \leftrightarrow j)$. Là encore les puissances nulles doivent faire partie de l'inventaire et être justifiées. Par exemple, dans l'inventaire des actions intérieures, doit apparaître la puissance des liaisons parfaites, internes au système isolé et dans l'inventaire des actions extérieures doit apparaître les liaisons parfaites avec le bâti galiléen. Ces dernières, $P(R_0 \rightarrow i/R_0)$, sont nulles pour deux raisons, les liaisons sont supposées parfaites $P(\leftrightarrow R_0) = 0$ et le bâti R_0 est galiléen, $P(i \rightarrow R_0/R_0) = 0$.

La question portant sur le choix du correcteur a été globalement bien traitée. Les critères à valider pour ce choix étaient imposés. Malgré cela, des candidats qui ne s'étaient pas approprié la problématique globale du sujet, ont effectué un choix en se limitant au seul critère du temps de réponse à 5%.

V Conclusion sur la problématique

L'objectif de cette partie est de commenter l'écart entre les performances attendues du système souhaité et une performance mesurée sur le système réel.

Les candidats qui se sont approprié l'ensemble de la problématique ont apporté une réponse bien argumentée et synthétique.

Conclusion

La préparation de cette épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur ne s'improvise pas. Elle est destinée à valider des compétences transverses en s'appuyant sur des réalisations industrielles complexes qu'il faut appréhender dans leur globalité. Elle est transverse entre les champs disciplinaires enseignés en SII mais aussi avec les autres disciplines de la filière. Cette préparation doit donc s'articuler autour de l'analyse et de la mise en œuvre de démarches de résolution rigoureuses s'appuyant sur des supports réels contextualisés.