

Concours PSI X-Inter ENS 2023

Rapport de l'épreuve écrite de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur (SII)

Présentation du sujet

Le sujet proposé en 2023 s'intéressait à un système d'impression 3D de structures en béton. Il a été construit via des échanges avec la société (start-up *XtreeE*) qui l'a conçu, et avec une équipe de recherche de l'École des Ponts ParisTech qui l'étudie et l'optimise sur des applications spécifiques.

Le sujet d'une durée de 5h, ciblé sur un objet technologique particulièrement riche et d'actualité, permettait d'évaluer la maîtrise des connaissances et des compétences d'une très grande partie du programme de Sciences Industrielles de la filière PSI. Le sujet comportait cinq grandes parties abordant divers aspects de la phase d'utilisation du système d'impression 3D pour la construction d'une structure de type mur. Comme souvent ces parties étaient indépendantes, avec des questions pouvant aussi être indépendantes à l'intérieur de chaque partie, et de difficulté variée. Il était cependant conseillé de traiter les parties et les questions dans l'ordre pour bénéficier du contexte et champ culturel technologique introduit progressivement. Chaque partie avait des objectifs d'analyse bien définis, précisés au début de la partie.

Une première partie permettait de s'approprier le système en le plaçant dans son contexte et son environnement, et en abordant quelques contraintes techniques d'utilisation (pompage du béton, stabilité du mur construit). Bien qu'originale d'apparence, la partie comprenait plusieurs questions étaient qualitatives et relevaient du bon sens, et un lien avec des thèmes d'autres disciplines (par exemple la mécanique des fluides) était proposé à travers des développements guidés.

La seconde partie proposait une validation du dimensionnement du robot constituant le système, avec une analyse statique assez classique mais approfondie. Cette partie permettait notamment d'aborder diverses notions centrales comme la réduction par train épicycloïdal, l'application du principe fondamental de la statique ou l'hyperstatisme.

La troisième partie, plus longue et calculatoire, étudiait les performances cinématiques et dynamiques du robot (6 axes) et aboutissait à la validation de performances affichées. Les notions de liaison équivalente, de singularité et d'effets dynamiques étaient particulièrement abordées ici, ainsi que la performance en termes de consommation énergétique du système. Beaucoup de questions étaient basées sur l'analyse de courbes de comportement.

La quatrième partie, centrée sur l'asservissement, analysait la commande d'un des axes du robot. Elle mettait en œuvre des modèles simples, et elle permettait d'évaluer les connaissances des candidat(e)s en commande de système linéaire.

Enfin, la cinquième et dernière partie s'intéressait au dispositif de fixation de la tête d'impression sur le robot, là encore par une étude statique. La particularité de cette

partie est qu'elle mettait en œuvre des outils de statique assez simples mais à travers une démarche peu guidée.

Tout au long du sujet, des applications numériques étaient demandées pour valider les performances, ainsi que des schémas de principe (à main levée) pour proposer des solutions techniques ou décrire des principes de fonctionnement.

Analyse des prestations & recommandations du jury

La moyenne de l'épreuve est de 9,48/20, avec un écart-type de 3,77. Les candidat(e)s qui obtiennent de bons résultats à cette épreuve développent leurs compétences sur tous les domaines du programme de Sciences Industrielles. A contrario, le jury observe malheureusement que certain(e)s candidat(e)s ne sont capables de traiter que certains points particuliers du programme. Globalement, la dernière partie a été assez peu abordée par manque de temps. Le tri des meilleur(e)s candidat(e)s a été fait sur les questions les plus techniques. Aussi, le jury a attribué des points de bonus pour celles et ceux qui ont choisi de traiter l'intégralité d'une partie, jusqu'à la validation finale des performances, au contraire de celles et ceux qui ont abordé les parties de façon superficielle, en traitant rapidement (et souvent de manière erronée) des questions ici où là.

Le jury formule les remarques et conseils suivants :

- Les applications numériques restent mal effectuées, avec des ordres de grandeur (sur les vitesses, les énergies, les efforts mis en jeu) peu maîtrisés, et des réponses non-homogènes en termes d'unités, voire sans unité. Aussi, le réflexe de vérifier l'homogénéité des formules ne semble pas acquis. Le jury invite les futur(e)s candidat(e)s à porter plus d'attention sur ces applications numériques car elles représentent souvent le point final d'une étude de validation de performance, permettant de conclure, et sont donc largement valorisées dans la notation ;
- Le jury observe de grosses lacunes sur diverses notions élémentaires du programme (analyse d'hyperstatisme, équilibre en moment, lois de Coulomb, rôle du rapport de réduction en statique, liaisons équivalentes, etc.). Elles semblent peu ou pas connues, avec des formules utilisées sans en comprendre le sens et les hypothèses associées, ce qui aboutit à des résultats très souvent faux. Ce constat montre que certains fondamentaux ne sont pas acquis par une grande majorité des candidat(e)s, et qu'il faut donc accentuer les apprentissages sur ceux-ci et ne pas s'éparpiller ;
- Il est regrettable que les candidat(e)s ne soient pas en mesure de faire le lien avec les autres disciplines de CPGE. Le sujet proposait diverses questions faisant appel à des notions simples de physique (mécanique des fluides - écoulement de Couette) ou de mathématiques (matrices de rotation, notion de courbure), celles-ci ont été très peu réussies ;
- Le jury observe aussi une augmentation du nombre de copies peu soignées, avec des schémas illisibles. La qualité de certaines copies est même déplorable, avec des ratures partout ; en ne sachant pas où trouver l'information pertinente dans les réponses, l'évaluation de ces copies par le jury a été pénalisée.

- Une démarche posée proprement mène généralement à un résultat juste, c'est donc une approche à privilégier. Souvent, un manque de rigueur scientifique est observé dans la construction des réponses. Les théorèmes/principes sont alors mal énoncés ou incomplets, avec une réponse donnée de façon textuelle sans aucune justification scientifique. Aussi, quand les théorèmes sont connus, ils sont très rarement utilisés correctement sur des applications concrètes. Enfin, négliger la rigueur au profit de la rapidité, en apportant des réponses sans justification à toutes les questions du sujet, n'est évidemment pas une bonne stratégie ;
- Des résultats intermédiaires sont donnés pour aider les candidat(e)s dans le traitement du sujet, et non pas pour essayer de récupérer des points par des démarches sans raisonnement scientifique cohérent voire malhonnêtes visant à retrouver ces résultats à tout prix. Les candidat(e)s qui se sont prêt(e)s à ce genre de démarche, loin de ce qu'on peut attendre d'un futur ingénieur ou chercheur, ont été sanctionné(e)s.