Banque Ecole Polytechnique - InterENS
Rapport de l'épreuve écrite de Sciences Industrielles

Sujet : ROBOVOLC : un robot mobile pour l'exploration volcanique

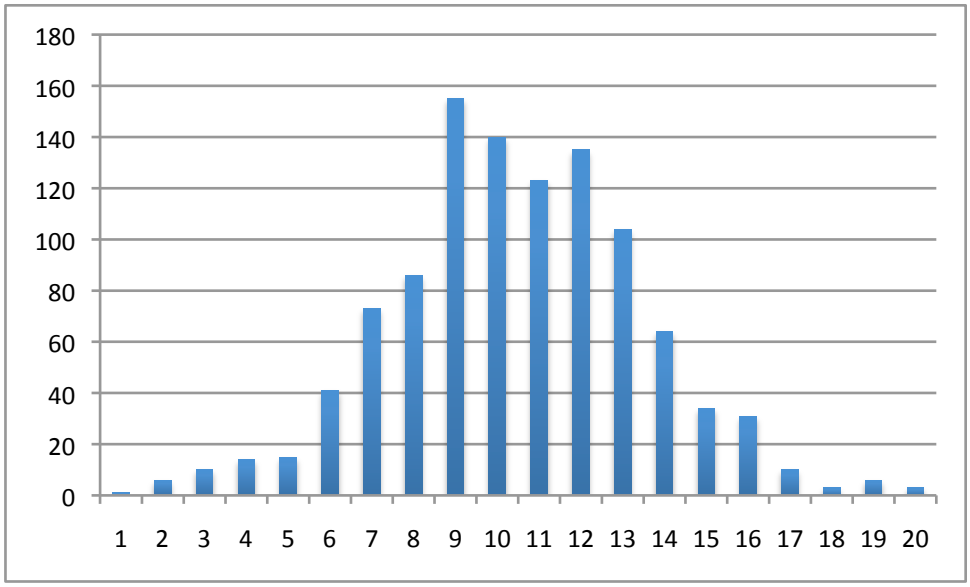
L'étude proposée dans ce sujet, issue d'un projet de recherche européen, portait sur un robot mobile (ROBOVOLC) utilisé pour se déplacer et recueillir des échantillons dans un environnement volcanique. L'intérêt de ce support est qu'il permettait d'aborder une grande partie du programme de SI (étude de système, cinématique, statique, dynamique, asservissement, mesures avec technologie de capteurs et comparaison modèle/réel).
Le sujet comportait 5 parties indépendantes, chacune cherchant à valider certaines performances du système.
La partie 1 visait à présenter le système par une analyse globale, liée à divers diagrammes SysML, et proposait aux candidats quelques premières questions de bon sens sur la technologie retenue pour le robot.
Les parties 2 et 3 visaient à étudier les performances de locomotion et à valider la conception particulière du robot (roues non directionnelles, châssis articulé). La partie 2 s'intéressait à un déplacement sur sol horizontal, tout d'abord en ligne droite pour valider l'asservissement en vitesse des moteurs, puis en virage pour étudier les glissements latéraux et le contrôle de trajectoire. La partie 3 s'intéressait à un déplacement sur sol accidenté, en développant un modèle statique du châssis, en étudiant la stabilité du robot en pente, et en analysant la répartition des efforts et le contrôle des couples moteurs lors d'une phase de franchissement d'obstacle.
Les parties 4 et 5 visaient à étudier les performances du système de préhension d'échantillon, composé d'un bras articulé et d'une pince. La partie 4 s'intéressait au bras manipulateur, en proposant des modèles cinématique et dynamique permettant de valider la conception et dimensionner les moteurs. La partie 5 s'intéressait à la pince, en analysant en particulier le phénomène d'auto-serrage ainsi que l'asservissement en effort.

Comme conseillé dans l'introduction, le sujet a généralement été abordé de façon linéaire par les candidats. Une centaine de candidats a abordé l'intégralité de sujet, et la moitié des candidats ont abordés les parties 1 à 4.
Pour l'établissement du barème final, il a été choisi de récompenser les candidats ayant fait l'effort d'analyser une partie dans sa globalité. Ainsi, un bonus a été attribué à ceux ayant traité l'intégralité d'une partie.
Aussi, une pondération importante a été attribuée aux questions qui demandaient de la réflexion (par exemple la question Q2.22 sur le contrôle de stabilité, ou la question Q3.13 sur l'optimisation du couple) ou un développement conséquent (par exemple la question Q4.10 sur les calculs de dynamique ou la question Q5.5 sur l'application du PFS avec divers isolements). A l'inverse, le jury a décidé de minimiser l'impact de quelques questions qui ont semble-t-il été mal comprises.
Les statistiques de l'épreuve donnent une moyenne de 9,95 et un écart-type de 3,02. La répartition des notes est indiquée ci-dessous. Une analyse globale montre qu'un groupe d'une centaine de candidats a un excellent niveau en SI et est très bien préparé à cette épreuve. Les 350 premiers ont un bon niveau en SI. Les 200 derniers ne répondent par contre pas aux exigences du concours.

Les constats suivants peuvent être faits :
- les correcteurs ont noté un manque de rigueur flagrant, même pour traiter des questions élémentaires pour lesquelles la rigueur était justement le centre de l'évaluation. Ainsi, le PFD est souvent utilisé sans préciser la frontière d'isolement ou le point d'application, les relations entre vitesses (Q2.2) sont données directement sans faire référence aux hypothèses de roulement sans glissement, etc.
- les applications numériques font partie intégrante de l'évaluation. De trop nombreux candidats sont pénalisés pour ne pas avoir fait l'effort de traiter ces applications numériques ou pour les avoir traitées sans analyse critique des résultats déterminés (résultats aberrants, unités absentes, etc.) ;
- il est étonnant de voir que certaines questions, basées sur une notation matricielle (ex. Q2.21 ou Q4.11), ne sont pas traitées par les candidats alors qu'elles utilisent simplement un outil d'algèbre linéaire largement étudié en mathématiques… Les liens entre les disciplines (décloisonnements) ne semblent donc pas évidents pour une majorité de candidats, c'est dommage en regard de l'objectif de formation en CPGE ;
- l'application du théorème du moment statique (PFS) est très rarement menée correctement. C'était pourtant une façon rapide de répondre à certaines questions de statique (par exemple Q3 .5) ;
- les bonnes copies sont généralement celles de candidats ayant du bon sens et de bons reflexes scientifiques (qui utilisent par exemple un calcul d'hyperstatisme pour arriver rapidement aux résultats sur la possibilité de calcul d'actions mécaniques, ou qui analysent les liaisons par les contacts).
- pour les questions de type « Montrer que », le jury rappelle qu'il est demander un raisonnement rigoureux. L'écriture directe du résultat, sans fondement scientifique précis et argumenté, n'a aucune valeur ;
- les calculs d'hyperstatisme, qui étaient largement présents dans le sujet, sont souvent faux et/ou mal interprétés. Les notions de base sont inconnues pour certains, ainsi que les automatismes élémentaires (isostatisme pour une chaine ouverte, détermination des mobilités). 20% des candidats concluent à l'envers sur la propriété d'un système isostatique en disant que toutes les roues ne pourront pas toucher le sol à chaque instant (question Q3.2) ! Plus généralement, la notion d'hyperstatisme est trop souvent abordée de manière calculatoire sans en maîtriser les enjeux ;
- les documents réponse (DR) sont très souvent remplis sans aucune justification. Le jury rappelle que ces documents servent simplement à représenter plus efficacement les solutions trouvées par le candidat, pas à les justifier ;
- le jury rappelle aussi que certaines questions font appel à des notions physiques. Par exemple, à la question Q3.14 sur les hypothèses permettant de réduire le modèle du moteur à un premier ordre, le jury attendait des arguments physiques liés aux temps de réponse plutôt qu'une simple et naïve hypothèse mathématique sur la valeur (inconnue en plus) des différentes grandeurs ;
- la question Q2.10, pourtant simple, a été traitée correctement par très peu de candidats. Ceci montre que la notion de base est mal maîtrisée ;
- de même, le jury observe de nombreuses lacunes et confusions dans les usages et technologies des capteurs (par exemple, un potentiomètre ne permet pas de mesurer la rotation des roues). De plus, les avantages et inconvénients des capteurs doivent être donnés de manière comparative et pas dans l'absolu ;

- la nécessité d'un échantillonnage convenable pour convertir les signaux en numérique (question Q2.12) n'est citée que par une minorité de candidats ;
- l'honnêteté intellectuelle des candidats qui n'ont pas pu démontrer l'isostatisme du robot mais n'ont pas cherché à truquer leur calcul a été appréciée et les éléments corrects du raisonnement ont conduit à l'attribution de points, de même que leur sens critique ;
- Moins d'1% des candidats ont été attentifs au fait qu'un essieu est animé par 2 moteurs et en ont tenu compte dans le choix du moteur.

Le jury tient néanmoins à faire ressortir un bon point lié à la clarté des copies et la qualité de l'écriture. Globalement, les copies sont soignées. Les quelques copies non soignées (voire illisibles), qui représentent 2% du volume global, ont été largement sanctionnées.



Répartition des notes