

ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A

Grande salle Pierre Boulez de la Philharmonie de Paris

Durée : 5 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 3 pages ;
- du travail demandé (parties I à IV : 22 pages) + 4 pages d'annexes ;
- du cahier réponses à rendre, comprenant 42 questions : 27 pages.

Le sujet portait sur les éléments modulables d'une salle de spectacle moderne, la Philharmonie de Paris, développés par l'entreprise française AMG-Féchoz. Les gradins de la salle sont escamotables et les éléments de la scène peuvent être surélevés pour passer d'une configuration à une autre. La mise en mouvement de ces différents éléments était étudiée dans ce sujet. Après une découverte du comportement séquentiel du système, l'objectif global était de dimensionner une motorisation et une commande adaptée au levage des différents composants modulables. Le sujet était composé de quatre parties différentes, indépendantes et elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- la Partie I abordait l'étude du parterre escamotable et la description temporelle d'un changement de configuration de salle ;
- la Partie II proposait une étude de la cinématique d'un module de la scène principale ;
- la Partie III se concentrait sur le dimensionnement d'un actionneur associé au levage de l'ascenseur d'orchestre ;
- La partie IV s'intéressait à la commande d'un couple de moteurs destinés à lever un élément de parterre.

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Au cours de l'étude du mouvement et de la commande de différents éléments modulables de la salle de spectacle, le sujet proposait un ensemble de questions recouvrant une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de CPGE PTSI/PT. Si quelques questions faisaient simplement appel à la compréhension du système à partir des documents présents dans le sujet, la plupart permettaient aux candidats de mettre en œuvre les compétences générales développées en Sciences Industrielles pour l'Ingénieur.

Les quatre parties étaient indépendantes et elles-mêmes composées de sous-parties indépendantes. Les candidats ont pu profiter de ces différents points d'entrées pour balayer l'ensemble des parties, même si la dernière partie comprenant de nombreuses questions assez simples a été traitée moins en détails par nombre d'entre eux. On notera qu'aucune question n'a été systématiquement laissée de côté par les candidats, un petit nombre d'entre eux parvenant à traiter quasiment toute l'épreuve.

Rappelons, s'il est encore besoin, qu'il est très important de garder les expressions littérales jusqu'au moment de l'application numérique, qui doit ensuite être présentée et encadrée accompagnée de son

unité. Les questions portant parfois sur plusieurs points, il est également important que les candidats relisent la question avant de passer à la suivante afin de vérifier de l'avoir entièrement traitée. Par ailleurs, pour valider le cahier des charges, le jury attend que, pour chacun des critères concernés, la valeur obtenue par le système soit comparée à la valeur requise pour conclure.

Plus généralement, il est rappelé aux candidats que tous les résultats doivent être justifiés, sauf quand l'énoncé le permet explicitement. Quand une question demande de montrer un résultat donné, il est très mal vu par le jury d'aboutir à ce bon résultat après des calculs visiblement faux : l'honnêteté scientifique est attendue des candidats.

Enfin, l'écart type est du même ordre de grandeur que l'année précédente, l'épreuve est donc classante. Les résultats sont en adéquation avec les attentes du jury avec de très bonnes copies même si l'on en observe encore d'autres vraiment très médiocres.

COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

Partie I – Étude du parterre escamotable

Cette première partie avait pour objectif d'étudier l'aspect séquentiel d'un changement de configuration du parterre. La succession d'étapes présentées dans un premier temps a été globalement bien comprise par les candidats qui ont généralement su calculer leurs durées avec succès. C'est moins le cas de la seconde solution présentée. Même quand l'aspect séquentiel était compris, de trop nombreux candidats n'ont pas su l'exprimer correctement à l'aide du langage Python, les erreurs d'utilisation de la commande `range()` sont légion.

Partie II – Modélisation d'un module du gradinage d'orchestre

Partie II.1 – Modélisation des liaisons

La deuxième partie avait pour objectif d'étudier des performances cinématiques d'un élément de scène modulable. Dans un premier temps, on proposait de modéliser quelques liaisons à partir de vues en plan, pour ensuite proposer le schéma cinématique d'une penture, d'abord en 3d puis le schéma minimal 2d. De nombreux candidats ont très bien réussi cette partie ; d'autres, qui n'ont souvent pas accordé l'importance nécessaire à la détermination des surfaces de contacts demandée initialement, ont eu du mal à capitaliser des points.

Partie II.2 – Validation de la cinématique de la plateforme

L'objectif, ici, était d'étudier la cinématique des associations des différentes structures réalisant le guidage des gradins pour comprendre et justifier ces associations. Il s'agissait de réaliser des calculs de liaison équivalente, de fermetures, géométrique et cinématique, ainsi que d'analyser et expliquer des choix de solutions réelles. Cette partie, rarement traitée juste en totalité, est assez bien réussie globalement. Néanmoins, on peut regretter des manques d'aisance ou de rigueur dans le maniement de torseurs cinématiques, ainsi que dans l'écriture de fermetures, en particulier la fermeture cinématique demandée, tant dans son écriture formelle que dans son aboutissement lorsqu'il est demandé l'équation vectorielle de vitesse au point F.

Partie II.3 – Modélisation globale

Ensuite, une étude de la structure complète du gradinage était proposée sous la forme de l'analyse de son degré d'hyperstatisme. Cette partie a été beaucoup trop rarement traitée avec succès. Le jury déplore que bien trop peu d'analyses d'hyperstatisme aboutissent à un résultat juste, tant en modélisation 3d qu'en 2d.

Partie II.4 – Reprise des actions mécaniques

Enfin, une courte partie permettait de mettre en évidence l'intérêt de l'association des différentes structures dans la reprise des différentes actions mécaniques par l'ensemble du mécanisme de gradinage d'orchestre. Si le rotulage permis par le coussinet a été très largement identifié, le raisonnement permettant de montrer rigoureusement que la penture ne reprend aucun effort dans le plan d'étude, n'a été que bien trop rarement mené à terme avec succès, pénalisant la réussite dans la conclusion de reprise des actions mécaniques par chacune des structures. Ce raisonnement, pourtant extrêmement simple et guidé, était basé sur deux isollements de solides soumis à deux glisseurs, compétence fondamentale attendue de tous.

Partie III – Dimensionnement des actionneurs

Partie III.1 – Calcul des énergies cinétiques

Cette troisième partie proposait une approche basée sur la dynamique des solides pour déterminer les efforts à développer par les vérins. Une première question, portant sur la forme de la matrice d'inertie d'un caisson de penture, considérée très facile par le jury, ne l'a pas été. La compétence de base de justifier de la forme de la matrice d'inertie à partir des symétries du solide n'est maîtrisée que par un nombre trop limité de candidats. Il s'agissait ensuite d'exprimer les énergies cinétiques des différents éléments, en vue de l'application ultérieure du théorème de l'énergie cinétique. La démarche, découpée par questions et très guidée, a été globalement assez bien réussie, même si l'expression de torseurs cinétique a posé problèmes à un nombre non négligeable de candidats (en particulier pour le mouvement P2/0).

Partie III.2 – Calcul des puissances en jeu

Cette courte partie consistait en l'expression des puissances développées par certaines actions mécaniques. Le jury a été très déçu de constater que le calcul des puissances développées par l'action de la pesanteur appliquée sur chaque élément du système isolé ait été si peu réussi, en particulier lorsque l'obtention d'une puissance de pesanteur motrice dans un mouvement de levage semble ne pas poser de question au candidat...

Partie III.3 – Loi de mouvement

Une dernière partie permettait d'aboutir à la loi de mouvement dans un cas simplifié pour lequel les calculs étaient abordables sans nécessiter trop de temps. Quelques candidats, souvent ceux obtenant les meilleurs résultats au final, y arrivent avec justesse. Dans cette partie, le jury regrette le manque de rigueur trop fréquent pour aboutir, par une simple fermeture géométrique, aux lois géométriques demandées.

Partie IV – Structure et dimensionnement d'une motorisation double

Cette dernière partie avait pour objectif d'étudier la commande du système de motorisation de l'élévation d'un élément du parterre, réalisée à l'aide de deux moteurs. Cette partie était composée en majorité de questions particulièrement classiques d'automatique continue et menait à la vérification d'un ensemble de performances. Un certain nombre de questions de cette partie n'étaient pas indépendantes, mais aucune n'empêchait de traiter la quasi-totalité de la partie.

La détermination d'une fonction de transfert à partir d'un schéma-blocs simple est maîtrisée par la quasi-totalité des candidats. Le schéma-blocs plus complexe à deux moteurs a cependant posé plus de difficulté et moins d'un tiers d'entre eux a réussi l'identification demandée.

Les vérifications des différents critères du cahier des charges auraient dû être réussies par un plus grand nombre de candidats : la rapidité d'un système du premier ordre ou la lecture graphique de marges de stabilité sont des compétences fondamentales attendues de tous. Le jury a apprécié que les applications numériques demandées dans ce contexte aient globalement été menées de manière satisfaisante.

Comme exprimé dans les remarques globales, le positionnement de cette partie en fin d'épreuve a desservi de nombreux candidats qui auraient probablement été capables de répondre à plus de questions d'automatique mais n'en n'ont pas eu le temps.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

On conseille de nouveau aux candidats de prendre le temps de parcourir la totalité du sujet et des documents annexes (ainsi que le document réponse) pour assimiler les problématiques proposées ainsi que les démarches de résolution associées. Cette première lecture doit leur permettre d'identifier les thématiques de l'épreuve afin qu'ils ne négligent pas celles qu'ils maîtrisent, même si, comme l'automatique continue cette année, elle est abordée en fin de sujet.

Les questions suivent une démarche de résolution de la problématique posée et ne sont pas d'un niveau croissant de difficulté. De plus, comme la plupart des questions sont indépendantes, les candidats doivent essayer de reprendre le sujet au plus tôt après une question non traitée, sans laisser de côté tout le reste de la partie.

Il est conseillé de bien relire chaque question avant de passer à la suivante et vérifier que le résultat est valide, donc avec la bonne dimension pour son expression littérale et non aberrant pour sa valeur numérique. Il faut veiller à bien répondre à toute la question, de trop nombreux candidats n'ont donné qu'une réponse partielle à des questions demandant explicitement de calculer plusieurs expressions ou de valider plusieurs critères, se concentrant sur la réponse la plus technique et oubliant la partie la plus simple de la question.