

Rapport du jury de l'épreuve d'admissibilité d'analyse et de conception des systèmes

1. Présentation du sujet

L'épreuve de la session 2011 s'appuie sur la technologie d'un Tramway sur pneus dénommé TRANSLOHR conçu par la société LOHR. Cette gamme de tramways contient des innovations majeures : les rames sont légères et entièrement modulaires, peu gourmandes en emprise au sol, et caractéristique majeure, elles roulent sur pneus. Le sujet comporte 39 questions déclinées en trois parties indépendantes ; il a pour ambition de couvrir un vaste domaine de compétences indispensables à un professeur agrégé d'aujourd'hui. Il n'hésite pas à déborder, tout en restant dans le cadre du programme du concours, sur des parties plus couramment traitées dans les autres épreuves. Chacune des parties traitées dans ce sujet vise soit à valider les solutions techniques retenues par la société LOHR soit à définir ou concevoir des éléments de solutions spécifiques à ce tramway sur pneus.

La première partie permet aux candidats de vérifier les avantages d'une solution sur pneus relativement à une solution sur rails pour un tramway. Elle permet entre autres de vérifier certains avantages du Translohr par l'étude d'un essieu de train classique afin d'avoir une base de comparaison, puis celle de la stabilité du Translohr et pour finir de vérifier son comportement en courbe dans la situation la plus défavorable.

La deuxième partie permet de valider le comportement du Translohr face à des perturbations extérieures comme un vent latéral par exemple. Il s'agit pour le candidat de définir un modèle dynamique du Translohr exploitable numériquement, permettant de simuler et valider le comportement de celui-ci sous les effets d'un effort latéral sur la rame. Le questionnement conduit à définir les paramètres du modèle. La fin de cette deuxième étude doit conduire le candidat à exploiter les résultats d'une simulation et de conclure quant aux solutions constructives.

La troisième partie s'intéresse à la définition du système de guidage permettant d'assurer un bon contact galets/rail. Il s'agit de définir et de dimensionner certains éléments du dispositif de guidage d'un module intermédiaire du Translohr. Le candidat est conduit à déterminer l'effort de plaquage des deux galets du dispositif de guidage lié au rail, et de déterminer le matériau d'un des composants du dispositif de guidage. Puis une série logique de questions le conduit vers la détermination des spécifications géométriques du porte galet. Ces spécifications doivent être exprimées par un codage normalisé de cotation sans valeur numérique des tolérances. Enfin, il est demandé au candidat de définir et de représenter à l'aide de schémas ou croquis un système de débrayage du dispositif de guidage.

2. Analyse globale des résultats

Le sujet de longueur normale, a été traité dans sa totalité par une majorité de candidats. Certains n'ont toutefois pas hésité à traiter que partiellement ces trois parties en choisissant les questions sur lesquelles ils se sentaient le plus à l'aise. Quelques candidats ont montré d'excellentes aptitudes à modéliser et proposer des solutions efficaces en ayant une bonne vision d'ensemble du sujet. Il reste néanmoins quelques candidats mal préparés qui ne maîtrisent pas les éléments de base pour traiter une épreuve de ce type.

3. Commentaires sur les réponses apportées

La première partie comporte trois études construites autour de dix huit questions. La première étude concernant l'étude de la stabilité de guidage d'un essieu fait appel à des connaissances élémentaires de mécaniques permettant d'aborder le modèle de comportement du tramway sur rail. Cette première partie a été très majoritairement traitée par les candidats mais avec des résultats mitigés consécutifs à une mauvaise lecture du questionnement ou à une mauvaise définition du paramétrage du modèle. Si le développement scientifique est souvent juste, il apparaît très souvent dans les copies un manque d'analyse des résultats qui induit des réponses aux questions 7, 8 très superficielles, voire incohérentes. La deuxième étude « stabilité de guidage d'un module intermédiaire » a été correctement traitée et contrairement à la première étude, les conclusions de l'étude du modèle de comportement ont été formulées correctement par les candidats dans les réponses aux questions 13 et 14 concluant cette deuxième étude. La troisième étude de cette première partie consiste à déterminer la largeur de voie minimale pour un rayon de giration de 10,5 m, pour que deux rames puissent se croiser. Cette étude fait appel à des considérations de géométrie plane sans réelle difficulté. Cependant, très peu de candidats l'ont traitée et les résultats sont très médiocres.

Dans l'ensemble cette première partie a été traitée par une grande majorité des candidats. Les résultats sont satisfaisants, mais néanmoins les copies montrent une insuffisance dans la rigueur de la définition des modèles d'étude et de leur paramétrage. Les conclusions technologiques des trois études sont très incomplètes et souvent fausses.

La deuxième partie de cette épreuve comporte quatre études conduisant progressivement le candidat à élaborer le modèle permettant de simuler le déplacement latéral d'un module intermédiaire du Translohr face à une perturbation latérale.

La première étude permet au candidat de définir le modèle de comportement d'un pneu sur la route.

La deuxième étude permet au candidat de définir le modèle de comportement cinématique d'un essieu.

La troisième étude permet de traduire le comportement dynamique du Translohr.

La quatrième étude permet d'analyser et d'exploiter les résultats d'une simulation du modèle de comportement définie par les trois études précédentes.

Les deux premières études ont été menées correctement par une majorité de candidats, mais l'étude du modèle dynamique du Translohr qui doit aboutir à l'écriture de l'équation différentielle régissant l'évolution du déplacement latéral de l'essieu soumis à une perturbation latérale n'a que très peu été abordée ; les candidats n'ayant pas su écrire sous forme canonique cette équation. Par conséquent, les quelques candidats ayant abordé cette étude n'ont pas répondu à la question 27 concernant l'incidence des paramètres influents sur le comportement dynamique du Translohr et n'ont pas donné de préconisations techniques d'amélioration du comportement du tramway. Quant à la question 30, où il s'agissait de mettre sous la forme de diagramme blocs les équations obtenues, on constate qu'elle n'a été traitée que par 10% des candidats sans aucun résultat probant.

De même l'analyse des résultats de simulation proposée dans la quatrième étude, afin de proposer des préconisations techniques concernant la distance d et la présence ou non d'un système antilacet, n'a été que très rarement traitée. Les conclusions de cette analyse sont souvent confuses.

La troisième partie de cette épreuve permet de définir et de dimensionner certains éléments du dispositif de guidage. Le candidat doit répondre à quatre études indépendantes. Les résultats de cette partie sont médiocres voire très mauvais. Cette partie semble « bâclée » alors qu'elle ne présente pas de difficulté particulière.

La première étude, qui consiste à déterminer le ressort de plaquage, doit conduire les candidats à résoudre un problème de statique plane du solide soumis à trois forces. Très peu de candidats ont répondu correctement à cette question.

La deuxième étude, portant sur l'étude du matériau de l'axe de retenu du dispositif de guidage, ne demande pas de connaissance particulièrement complexes. Cependant, les réponses aux questions 34 et 35 sont décevantes, elles sont très superficielles et manquent de précisions objectives eu égard aux fonctions que doit assurer la pièce.

La troisième étude, consécutive à la spécification du porte-galet (question 37 et 38) portant sur la définition géométrique d'une pièce, n'a jamais été traitée correctement. Les recommandations faites par le jury à propos d'une étude similaire proposée dans l'épreuve de la session précédente n'ont pas été prises en compte apparemment. Si la définition géométrique par le codage normatif n'est pas totalement maîtrisée, il est néanmoins indispensable que le professeur agrégé de mécanique puisse déterminer les contraintes géométriques par les outils usuels d'analyse.

La quatrième et dernière étude de ce sujet a pour objectif de concevoir et représenter sous forme de croquis ou schémas légendés un dispositif permettant de solidariser la traverse flottante « 0 » du système de guidage à la traverse de l'essieu porteur lorsque le dispositif de guidage se situe en avant de l'essieu, et de la rendre « libre » en débattement latéral par rapport à l'essieu du dispositif de guidage lorsque celui-ci se situe en arrière de l'essieu. Traitée par seulement 50% des candidats, cette dernière étude qui ne présente aucune difficulté a été totalement négligée par les candidats. Les correcteurs remarquent que très peu de candidats sont capables de représenter sous forme de schémas une solution technologique. Ceux-ci sont souvent incompréhensibles ; ils ne respectent que très rarement les règles élémentaires de la représentation schématique. Lorsque les solutions sont abordées sous forme de croquis, ceux-ci sont confus, très difficiles à lire et manquent totalement de soin.

Conseils aux candidats

Partie 1

L'investigation du point de vue cinématique a été bien menée par la plupart des candidats ; en revanche, certains, rares, montrent des difficultés à concevoir un modèle d'étude et à établir simplement son paramétrage. Il est conseillé aux candidats de bien lire le questionnement, de représenter lisiblement les schémas nécessaires au développement de l'étude et de s'assurer de la justesse des développements mathématiques.

Partie 2

Cette partie doit amener le candidat à élaborer le diagramme comportemental du Translohr soumis à une perturbation extérieure. Ce diagramme permet de décrire sous forme de blocs le comportement du système et de ses composants ; diagramme nécessaire à la mise en œuvre d'une simulation numérique. Cette étude très peu traitée nous oblige à rappeler toute l'importance à structurer les analyses comportementales des systèmes pluri technologiques à l'aide de ces outils de description, dont l'écriture est nécessaire avant toute simulation numérique.

Partie 3

Compte-tenu des résultats obtenus sur l'ensemble du questionnement de cette troisième partie, il apparaît qu'une grande majorité des candidats devrait approfondir les savoirs technologiques associés à la conception mécanique et leurs interactions. Ces savoirs portent sur les démarches de

conception, la proposition d'architecture raisonnée en passant par leur dimensionnement (approches cinématique, dynamique et résistance des matériaux), ainsi que sur la spécification géométrique des composants conçus).

4. Conclusions

Même si le sujet était long et relativement large dans l'éventail des compétences sollicitées, certains candidats se sont montrés très à l'aise avec un très bon taux de réussite. Au-delà du fond, il faut signaler également que, sur la forme, la rédaction de la copie doit être soignée car la compréhension des réponses du candidat en est facilitée et la qualité de communication est exigible dans un concours de recrutement de professeurs. Nous conseillons, comme après chaque session de l'agrégation, une lecture globale du sujet au début de l'épreuve afin d'identifier au mieux les parties pour lesquelles le candidat pense avoir les meilleures chances de réussite.

On ne peut qu'encourager les futurs candidats à lire et relire les différents rapports des jurys de l'agrégation afin de bien comprendre ce qui est attendu dans cette épreuve dont l'évolution se tourne vers une analyse et une conception de systèmes pluri technologiques et ne traite plus uniquement que de leur aspect mécanique.

5. Résultats

114 candidats, dont 7 candidats à l'agrégation marocaine, ont composé pour cette épreuve. La moyenne des notes obtenues est de 8,20 avec :

- 17,4 comme meilleure note ;
- 2,6 comme note la plus basse.

