

---

## **PROJET MÉCANIQUE**

**Rapporteurs Messieurs Jacques DUFFAUD et Christophe DIELEMANS**

### **1) Présentation de l'épreuve**

Le sujet de projet 2006 a eu pour thème les jambes humanoïdes de robot. Plus particulièrement, les candidats ont été amenés à réfléchir sur les problèmes de modélisation mécanique de la marche, sur des aspects de conception de la jambe par une étude de mécanisme, sur la résistance des matériaux et sur la proposition d'une architecture sur calque. Enfin, la fabrication d'une des pièces du système a été abordée.

La durée du sujet a été classiquement de 3h. Une décomposition horaire a été proposée, en relation avec le barème de correction.

La difficulté du sujet a été adaptée aux résultats des années précédentes. L'objectif recherché par les auteurs a été de permettre à chaque étudiant d'aborder cette partie du projet, quelque soit son origine, et de lui permettre de gagner des points. Pour ce faire, dans chaque partie, le candidat devait avoir la possibilité de répondre à des questions simples. Quelques questions, plus difficiles, ont permis aux meilleurs candidats de s'exprimer.

Après correction, il s'avère que mis à part certains lots de copies (où visiblement la mécanique a effrayé la quasi totalité des candidats), les objectifs semblent avoir été timidement approchés.

### **2) Remarques générales**

Les questions ont porté sur l'ensemble du programme, en cherchant à éviter les impasses sur telle ou telle partie du programme de sup et de spé.

Mais comme toujours, certains candidats semblent avoir privilégié soit le génie mécanique, soit le génie électrique. Trop de copies sont vierges, prouvant que les 6 heures de l'épreuve ont été passées pour rédiger l'autre partie. Le jury ne peut que déplorer cette attitude.

Dans la partie mécanique, les questions calculatoires ont été allégées afin d'éviter aux candidats de perdre leur temps. On attendait davantage de bon sens, afin d'éviter les longs développements, comme par exemple dans la première question pour traiter la statique.

L'étude de mécanisme de la seconde partie avait pour objectif de permettre aux candidats de découvrir la nécessité d'introduire un degré de liberté sans lequel le cahier des charges ne pouvait être respecté (marche sur un plan incliné). Le candidat a été amené à étudier un premier mécanisme qui ne le permettait pas, et de vérifier qu'un second mécanisme corrigeait le problème. Le degré de liberté introduit a été réalisé par une charnière élastique, permettant aux candidats de découvrir l'intérêt de ce type de solution technologique. Peu de candidats ont compris le mode de fonctionnement de la charnière (voir remarque sur la flexion plus loin).

La partie conception sur calque a été très simple cette année. Les composants ont été imposés, ainsi que leurs dimensions. Il suffisait de les implanter sur le calque, en proposant les ajustements et jeux fonctionnels. Quelques adaptations par usinage des pièces étaient à prévoir.

La partie fabrication, très classique, abordait l'interprétation d'une spécification, un choix d'outil, et des questions de méthodes. La dernière question nécessitait un niveau d'analyse et de connaissance certain.

### 3) Remarques particulières

#### *Partie 1*

Cette partie, lorsqu'elle a été traitée, n'a pas posé de problème particulier, car elle ne présentait pas de difficultés.

Toutefois on note souvent une certaine imprécision dans la réponse à la question 1-1 du style « il faut que les forces se compensent » ou bien « le robot sera poussé vers l'avant » alors qu'on attendait une application rigoureuse du PFS. Les candidats se contentent souvent d'affirmer le résultat. Faire apparaître la justification par le théorème du moment et ses conditions particulières d'application.

Les questions 1-2 à 1-5, essentiellement géométriques ont en général été correctement traitées, ... aux erreurs de calcul près.

Question 1-6 et 1-7 : les outils à utiliser (barycentre, théorème d'Huygens) sont connus et choisis à bon escient mais leur application manque de rigueur : masses oubliées, formulations non homogènes,...

Question 1-8 : lorsqu'elle est abordée, le théorème du moment dynamique ou le théorème de l'énergie cinétique sont énoncés correctement. Moins de 3% des candidats ont tenté d'appliquer le théorème du moment.

Il est pourtant évident que beaucoup de points étaient faciles à gagner et les correcteurs ont su récompenser les candidats qui ont abordé cette partie et qui ont montré qu'ils avaient quelques connaissances dans ce domaine.

#### *Partie 2*

La formule globale donnant le degré d'hyperstatisme est connue, mais souvent les candidats arrangent le nombre de mobilités pour trouver le résultat souhaité (tous les candidats ont trouvé que le second mécanisme était bien isostatique). Le lien avec la première question aurait dû permettre d'être cohérent pour le nombre des mobilités. Seule la liaison hélicoïdale est mal connue pour certains.

Dans la question 2-5, le jury attendait que le candidat identifie de la flexion dans la charnière élastique. Beaucoup ont proposé de la torsion.

Les calculs suivants ont été moins bien abordés. Ceux qui les ont traités ont souvent identifié la dérivée seconde de la déformée avec la tangente de l'angle. Plus généralement ; les candidats ont été gênés pour exploiter l'angle de flexion. Ils ne définissent pas clairement le chargement et tentent d'appliquer des « formules ».

Les résultats de la simulation par éléments finis ont été bien exploités, et souvent, les hypothèses de la résistance des matériaux sont bien connues.

Les questions de technologie sont elles assez mal traitées. Plus précisément, une confusion très fréquente entre roue et vis sans fin et vis à billes a été faite ! On peut citer ici des réponses exotiques : vis filaire, vis à écrou à encoches, vis droite, vis hélicoïdale, vis à filetage cylindrique...

Le calque était élémentaire, et pourtant... Les solutions proposées sont parfois totalement fausses, sans aucun lien avec le schéma cinématique proposé. Les dimensions des éléments ne sont pas respectées, et certains candidats n'ont pas utilisé les composants imposés (en particulier l'accouplement). Plus généralement, cette question a permis de constater que certains n'ont pas compris comment fonctionnait la charnière élastique. Trop peu de candidats ont tenté leur chance sur ce simple dessin technique. Même en manquant de temps, il est toujours possible de dessiner une esquisse propre à main levée en annotant des informations techniques (cotation, jeu,...).

### ***Partie 3***

La question 3-1 a révélé que peu de candidats sont capables d'analyser une spécification géométrique. La norme GPS et la littérature donnent pourtant des méthodes d'analyse qu'il est très facile de reproduire dans des cas simples comme celui qui était abordé. Le jury attend plus de rigueur pour les sessions futures. On confond très souvent la symétrie et le parallélisme, on ne sait identifier les éléments de référence, on n'identifie pas les éléments médians... Seule la zone de tolérance a été systématiquement identifiée, sans toutefois être capable de préciser sa mise en situation par rapport à la référence spécifiée. Le jury estime à moins de 5 % le taux de réponses correctes à cette question, ce qui paraît vraiment décevant.

La question 3-2 a permis de constater que les candidats confondent les deux parties de la norme. Ils proposent une mise en position hyperstatique (linéaire rectiligne perpendiculaire à l'appui plan par exemple), placent les appuis au hasard sur n'importe quelle surface de la pièce, y compris sur les surfaces usinées... En fait, les candidats veulent souvent faire une description technologique de la prise de pièce (ce qui n'était pas demandé). Le jury ne peut être que déçu que ces points faciles à gagner soient perdus.

Le choix de l'outil a été correctement fait, ce qui n'est pas forcément le cas pour le diamètre de la fraise scie. Néanmoins, il laisse penser que certains candidats ne visualisent pas correctement le positionnement et le mouvement outil/pièce lors de l'usinage de la rainure.

Les réponses aux questions de méthodes ont été les bonnes surprises pour ceux qui les ont abordées. Les candidats ont su argumenter pour expliquer les problèmes, et ont proposé des solutions cohérentes pour les résoudre.

#### **4) Conseils et encouragements pour l'année suivante**

Cette année, malgré un sujet facilement abordable et un questionnement de difficulté très progressive incluant de nombreuses questions de cours, on constate, en considérant que les candidats ont consacré trois heures à la partie Projet Mécanique, que le nombre de bons résultats par copie est encore trop faible. Pourtant, le jury a le sentiment que cette session a été légèrement mieux perçue par les candidats. Le taux de réponse est meilleur pour celles et ceux qui ont abordé cette partie, et les résultats semblent encourageants. Mais il ne faut pas se voiler la face : la difficulté des questions est essentiellement à l'origine de ces effets.

Pour l'année prochaine, les objectifs de l'épreuve seront adaptés aux changements du programme, et donc le jury tient à avertir les acteurs de la session 2007 de prévoir cette profonde évolution.