

SESSION DE 2004

**concours externe  
de recrutement de professeurs agrégés**

**section : mécanique**

épreuve de mécanique des systèmes et des milieux déformables

**Durée : 8 heures**

*Aucun document n'est autorisé.*

*Moyens de calculs autorisés : calculatrice de poche – y compris calculatrice programmable et alphanumérique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-018 du 1 février 1999 (BO n°6 du 11 février 1999).*

Notes préliminaires

Le sujet comprend 21 pages. Les trois parties sont indépendantes. Il est recommandé de consacrer le tiers de la durée de l'épreuve à chaque partie.

Les réponses aux **trois parties** doivent être rédigées **sur trois ensembles de copies séparés**. Ces trois ensembles de copies seront remis en fin d'épreuve dans une copie-chemise.

Tournez la page S.V.P.

---

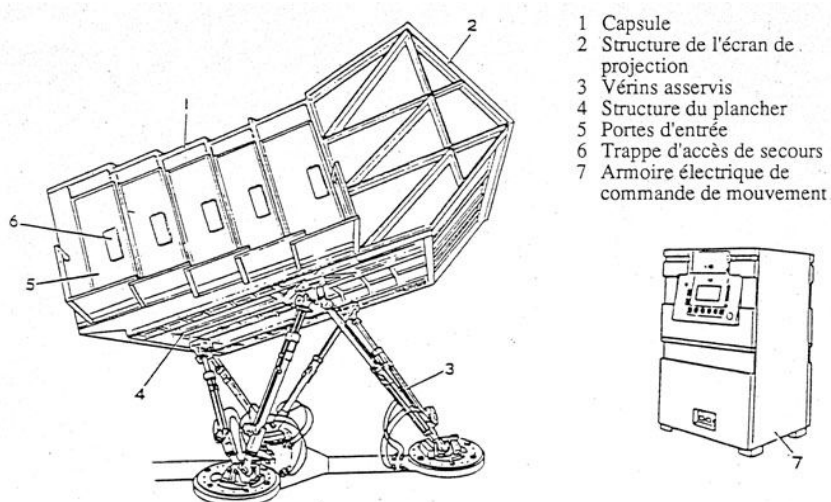
## Introduction : Plate-forme pour attraction dynamique

---

Dans les années soixante, l'expansion de l'industrie aéronautique, l'accroissement des coûts de formation des pilotes et la nécessité de tester hors vol les nouveaux appareils ont motivé une recherche sur les mécanismes à plusieurs degrés de liberté susceptibles d'animer une plate-forme lourdement instrumentée (par exemple un cockpit complet d'avion). En 1965, Stewart propose une structure qui constitue le premier pas vers les structures actuelles de robots parallèles. Ce type de structure allie précision du positionnement et rigidité importante. Elle trouve des applications dans de nombreux domaines, notamment l'usinage TGV avec une structure ayant servi de support au sujet de la session 2002.

La structure proposée ici, souvent appelée structure Stewart, est composée de 6 vérins commandés indépendamment. Elle permet d'obtenir 6 degrés de liberté pour la plate-forme mobile. Ce sont les progrès récents dans le domaine des asservissements qui ont permis à ces structures de pénétrer les domaines de haute technologie et par la suite, de loisir :

- simulateur de vol,
- simulateur de conduite d'engins spatiaux,
- machine outil VARIAX de Guiding et Lewis,
- positionneur fin de métrologie,
- manèges forains,
- cinéma dynamique.



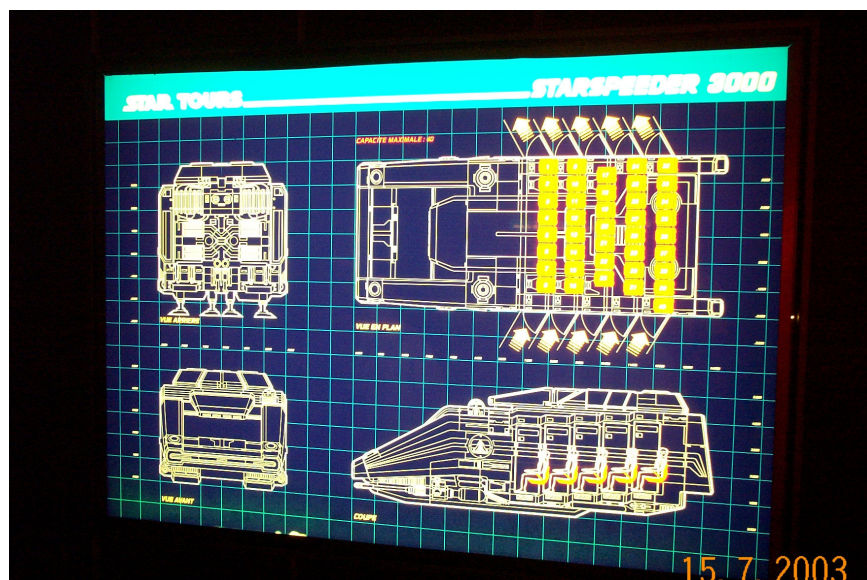
*Vue globale de l'attraction « cinéma dynamique »*

Le support du sujet de cette session est de la dernière catégorie. Il s'agit d'une attraction d'un grand parc de loisir de la région parisienne qui offre aux visiteurs l'impression de faire un voyage dans l'espace. Les passagers embarquent dans un vaisseau (photo 1) qui est une cabine montée sur la plate-forme. Le mouvement est très précisément synchronisé avec un film 70 mm qui défile sur l'écran de projection qui sert de pare-brise à l'engin spatial.



*Photo 1 : embarquement des passagers*

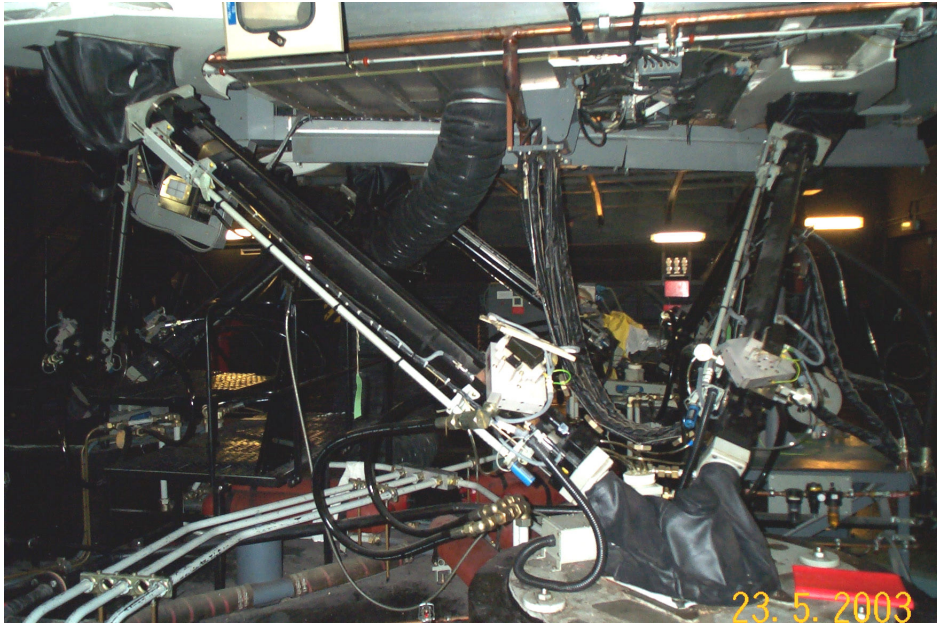
La cabine reçoit une cinquantaine de passagers répartis sur plusieurs rangées de sièges (photo 2). La perception du mouvement, qui s'ajoute à l'effet visuel, conforte le visiteur quant au réalisme de la simulation. Cependant, s'il est relativement aisé de simuler des mouvements de faible amplitude, on doit recourir à des artifices pour suggérer des phénomènes tels que la prise de vitesse ou l'inertie dans un virage. La sensation d'accélération est reproduite par simple inclinaison de la plate-forme, ce qui reporte le poids du passager contre le siège. Privé de tout repère visuel avec l'extérieur, le visiteur ne prend pas conscience de l'inclinaison et met la sensation sur le compte de l'effet recherché. Il en va de même pour les effets de freinage, qui tend à propulser le corps du passager vers l'avant.



*Photo 2 : disposition de la cabine*

Pour éviter les accidents les visiteurs sont retenus sur leur siège par des fixations de sécurité (ceinture). Les mouvements de la cabine, lors du déroulement de l'attraction peut être rapides (environ 10 Hz) mais de faibles débattements ou bien plus lents (environ 0,5 Hz) mais avec des

débattements de vérin allant jusqu'à 1,5 mètre. La commande des six vérins est hydraulique (photo 3).



*Photo 3 : vue du dessous de la cabine avec 2 des 6 vérins de commande*

Dans les 3 parties du sujet, nous étudions différents aspects du fonctionnement de cette attraction. Les trois parties sont indépendantes et équivalentes en durée de travail. Les auteurs conseillent de consacrer le tiers du temps de l'épreuve à chaque partie qui sera rédigée sur une copie séparée.

Dans la partie 1, on se focalise sur les mouvements possibles et sur les lois de mouvements imposées à la cabine.

Dans la partie 2, on examine la structure à base de poutres qui constitue la cabine et sa tenue lors des mouvements de l'attraction.

Dans la partie 3, on s'intéresse à la distribution du fluide dans les vérins de commande et aux problèmes thermiques qui en découlent.