

République du Cameroun  
Republic of Cameroon

Université de  
Yaoundé I



University of  
Yaounde I

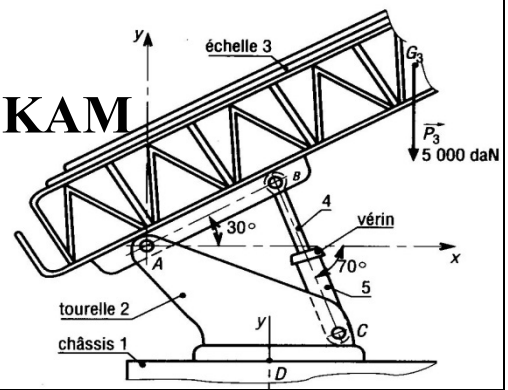
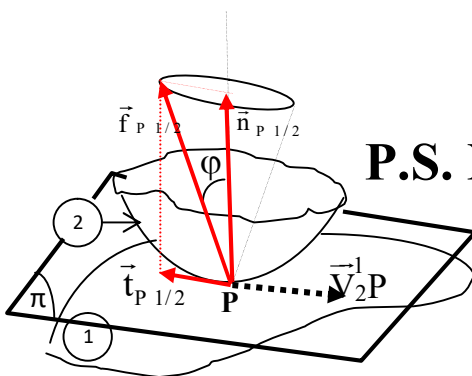
# STATIQUE DU SOLIDE

## *HYPERSTATISME ET MOBILITE - EXERCICES NON RESOLUS -*

Ressource Pédagogique Mise en Ligne

Par

**P.S. NGOHE-EKAM**



**Ecole Nationale  
Supérieure Polytechnique de Yaoundé**



# PREAMBULE

Suite à la menace de propagation du Covid-19 (Corona virus Disease) dont le premier cas de contamination a été déclaré au mois de mars 2020 au Cameroun, des mesures sanitaires ont été édictées par monsieur le Recteur de l'Université de Yaoundé I, puis renforcées par une sortie médiatisée de monsieur le Premier Ministre (PM) du Cameroun. Le point commun de l'allocution de ces deux personnalités et relatif à l'enseignement supérieur fut la fermeture des établissements d'enseignement, dont l'Université de Yaoundé.

Monsieur le Recteur de l'Université de Yaoundé I, dans le souci que la fermeture de l'UY I ne soit pas une perche tendue aux étudiants paresseux pour se laisser aller à un certain sommeil intellectuel, instruit alors que les enseignants « mettent en ligne » leurs cours grâce au serveur du Centre Universitaire des Technologies de l'Information (CUTI) de l'UY I et que les étudiants visitent ce serveur à volonté pour télécharger les ressources pédagogiques (puisque c'est le terme le plus approprié) que les enseignants y auront déposé, ce téléchargement devant permettre aux étudiants de continuer d'apprendre (à domicile) pendant la période de pseudo-confinement décrétée par monsieur le PM.

C'est ainsi que le présent document est conçu et mis en forme par l'auteur. Ce document fait partie de l'enseignement dispensé par l'auteur aux étudiants de niveau II de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de l'UY I. L'auteur a valablement sectionné cet enseignement en modules qui constitueraient des chapitres de cours en présentiel. Et pour chaque module l'enseignant a produit trois documents en vue de faciliter l'apprentissage à distance :

- Des notes de cours
- Des exercices corrigés
- Des exercices non corrigés

L'idée principale du sectionnement de l'enseignement est de guider au mieux l'apprenant dans l'organisation de sa mémoire cognitive. En effet, il n'est pas bien d'exiger de l'apprenant une concentration trop longue, dépassant les six minutes reconnues par la plupart des experts en pédagogie, sans activité de restitution par exemple. L'apprenant est ainsi invité à ne pas rester trop longtemps sur les parties cours et exercices corrigés ; il peut y revenir en tant que de besoin. Cependant le traitement des exercices non corrigés étant une phase d'extériorisation de la connaissance emmagasinée, l'apprenant pourra et devrait y passer assez de temps de travail.

L'interaction de l'enseignant avec les apprenants est rendue possible grâce aux fora (plateformes d'enseignement à distance, groupe Whatsapp, liste de distribution par email, etc.) divers dans lesquels les apprenants sont invités à s'inscrire.

Pour finir, nous signalons que l'organisation actuelle de cet enseignement n'est pas vraiment une mise en ligne de cours, encore moins un MOOC, comme cela est fait dans la plupart des plateformes d'enseignement à distance. Nous essayons de faire une mise en ligne des ressources (dans le serveur de l'UY I), mais une mise en ligne suggérant une sorte de protocole d'apprentissage aux étudiants.

Yaoundé, le 21 mars 2020,

P.S. NGOHE-EKAM

# EXERCICES NON RESOLUS SUR L'HYPERSTATISME ET LA MOBILITE DES MECANISMES

## Exercice 1 : Association en parallèle de liaisons

Dans le mécanisme ci-contre, on a :

- $L_1$ : liaison pivot glissant d'axe  $(O, \vec{x})$
- $L_2$  : Liaison ponctuelle de normale  $(O, \vec{x})$ .

1°) – Dessiner le graphe des liaisons du mécanisme.

2°) – Déterminer la liaison équivalente  $L_{12}$  qui aurait le même comportement que  $L_1$  et  $L_2$  ainsi associées ; on notera  $AB =$

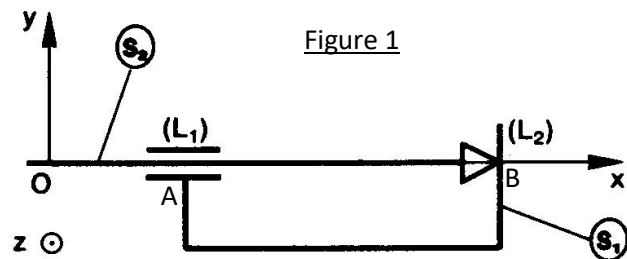


Figure 1

## Exercice 2 : Association en série de liaisons

Dans le mécanisme ci-contre :

- $L_1$  est une liaison appui plan entre  $(S_0)$  et  $(S_1)$  de normale  $(O, \vec{z})$ .
- $L_2$  : est une liaison rotule de centre O, entre  $(S_1)$  et  $(S_2)$ .

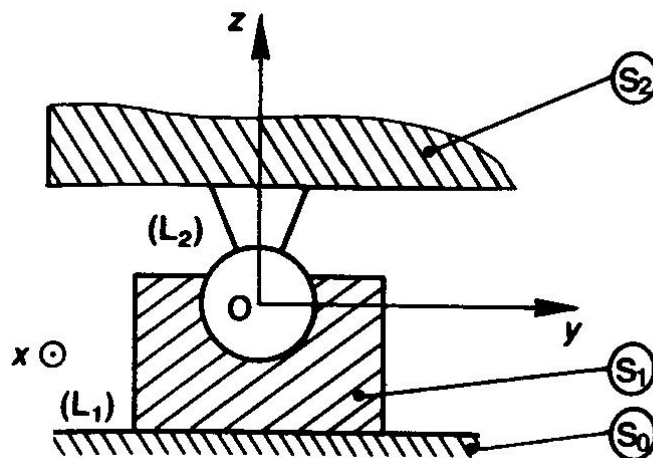


Figure 2

1°) – Dresser le graphe des liaisons de ce mécanisme

2°) – Déterminer le torseur cinématique de la liaison équivalente à  $L_1$  et  $L_2$  ainsi associés.

3°) – En déduire le torseur d'action mécanique transmissible.

4°) – Retrouver autrement ce dernier torseur

## Exercice 3 : Mécanisme hyperstatique

Une table ( $S_2$ ) est montée dans un bâti ( $S_1$ ) par l'intermédiaire des liaisons :

- $L_1$  : linéaire annulaire d'axe  $(O, \vec{x})$ , de centre O

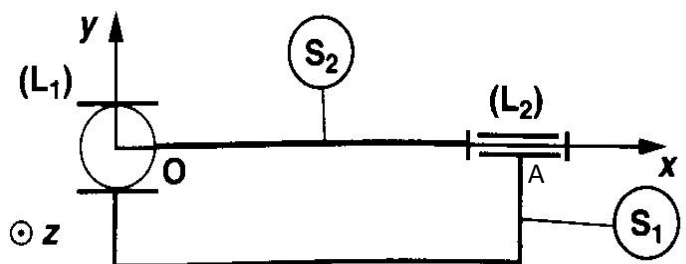


Figure 3

-  $L_2$  : pivot de centre A et d'axe  $(O, \bar{x})$  ; On a  $OA = d$ .

1°) – Déterminer le torseur d'action mécanique transmissible par la liaison équivalente à ces deux liaisons.

2°) – On suppose qu'en plus des actions mécaniques dans les liaisons, il s'exerce sur

(S2) une action mécanique extérieure représentée par un torseur de la forme :

$$[T_e] = \begin{Bmatrix} X_e & L_e \\ Y_e & M_e \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})} ; \text{ écrire les équations algébriques déduites du PFS appliqué à (S2).}$$

3°) – Déterminer le degré d'hyperstatisme de la liaison équivalente, ainsi que les inconnues hyperstatiques.

4°) – Pour que la liaison équivalente soit une liaison pivot isostatique d'axe  $(O, \bar{x})$ , proposer plusieurs modifications possibles de la liaison  $L_2$ , la liaison  $L_1$  demeurant inchangée.

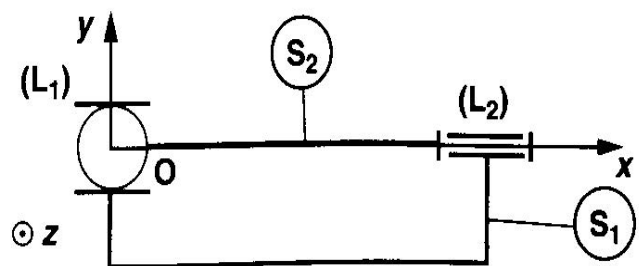
#### Exercice 4 : Mobilité d'un mécanisme

Reprenant le mécanisme de l'exercice 3 :

1°) – Dessiner le graphe des liaisons

2°) – Ecrire la fermeture cinématique du graphe des liaisons

3°) – Déterminer le degré de mobilité de la liaison entre  $(S_1)$  et  $(S_2)$ .



Figure

#### Exercice 5 : Relation entre hyperstatisme et mobilité.

La figure 5 ci-contre schématise un étau constitué de trois pièces :

- un mors fixe ( $S_1$ ) lié à un support ( $S_0$ ) auquel est attaché un repère galiléen  $R(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$

- un mord mobile ( $S_2$ ) en liaison glissière  $L_1$  de direction  $\bar{x}$  avec le mors fixe ( $S_1$ )

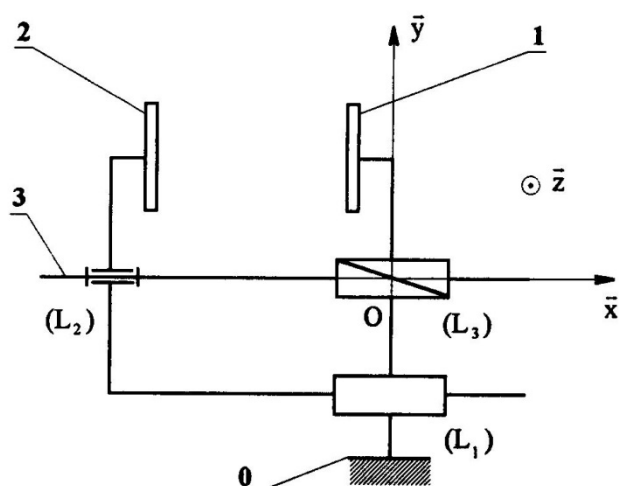


Figure 5

- une vis ( $S_3$ ) en liaison pivot  $L_2$  d'axe  $(O, \bar{x})$  avec ( $S_2$ ) et en liaison hélicoïdale  $L_3$  d'axe  $(O, \bar{x})$  avec ( $S_1$ ).

**A : l'étau ne serre aucune pièce.**

1°) – Tracer le graphe des liaisons

2°) - Déterminer le degré d'hyperstatisme de l'étau.

3°) – Dans une construction isostatique de l'étau conservant la liaison pivot et la liaison glissière, quelle est la forme du torseur d'action mécanique transmissible de la liaison  $L_2$  ? Proposer un schéma cinématique pour sa réalisation.

**B : l'étau serre une pièce**

L'étau serre une pièce ( $S_4$ ) ayant la forme d'un parallélépipède rectangle ; les liaisons planes  $L_4$  et  $L_5$  entre la pièce et les mors sont de normale  $\bar{x}$  (figure 6 ci-dessous). La liaison  $L_3$  à considérer est celle déterminée à la question précédente.

1°) – Tracer le graphe des liaisons du nouveau mécanisme

2°) - Déterminer le degré d'hyperstatisme du système étau-pièce. (on pourra faire usage de la formule de mobilité  $h = m + 6\gamma - I_c$ , liant le degré d'hyperstatisme  $h$ , le degré de mobilité  $m$ , le nombre de cycles indépendants  $\gamma$  et le nombre d'inconnues cinématiques  $I_c$  du mécanisme).

3°) – on veut que le contact entre les pièces et les mors soit prépondérant ; quels jeux peut-on introduire dans la liaison glissière ?

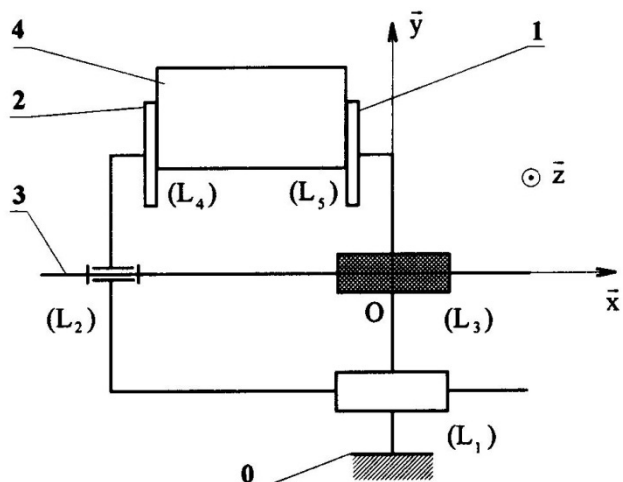


Figure 6

N.B. : l'objectif de cette étude est de localiser les inconnues hyperstatiques du mécanisme, afin d'en modifier la conception, et non de les calculer ; il est donc inutile de définir les actions mécaniques extérieures au mécanisme.