

ETUDE DES LIAISONS MECANIQUES

I. Introduction

Un mécanisme est un ensemble de pièces reliées les unes aux autres par des liaisons cinématiques et ceci dans le but de réaliser une fonction déterminée.

Etablir une liaison entre 2 pièces, c'est supprimer entre ces pièces un certain nombre de degrés de liberté pour ne laisser que ceux nécessaires au fonctionnement souhaité.

I.1 Degrés de liberté et degrés de liaison :

Les **degrés de liberté** d'une liaison entre deux solides $S1$ et $S2$ correspondent aux mouvements relatifs indépendants autorisés au sein de cette liaison entre $S1$ et $S2$. 6 mouvements élémentaires possibles d'un solide dans l'espace rapporté à un repère (A, x, y, z) :

- 3 translations : T_x, T_y, T_z ,
- 3 rotations : R_x, R_y, R_z .

Notons m le degré de liberté d'une liaison. Le **degré de liaison** d'une liaison vaut, dans l'espace, $6 - m$

I.2 Liaisons élémentaires et composées

Une liaison élémentaire entre deux solides $S1$ et $S2$ est obtenue à partir du contact d'une surface géométrique élémentaire liée à $S1$ sur une surface géométrique élémentaire liée à $S2$. Les surfaces géométriques élémentaires obtenues à partir des principaux procédés d'usinage sont le plan, le cylindre et la sphère.

Une liaison composée est obtenue par association cohérente de liaisons élémentaires.

Le tableau suivant donne les différentes associations possibles.

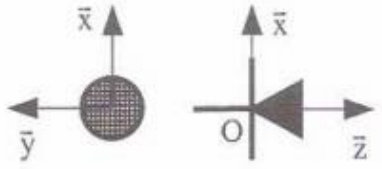
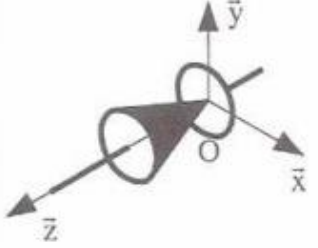
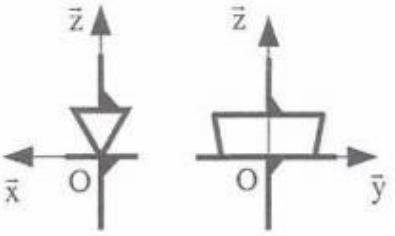
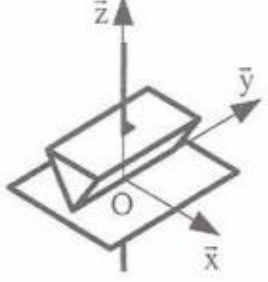
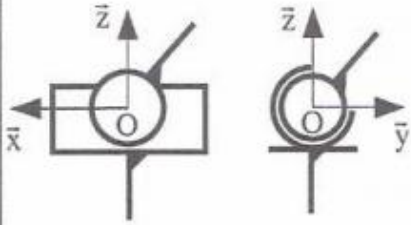
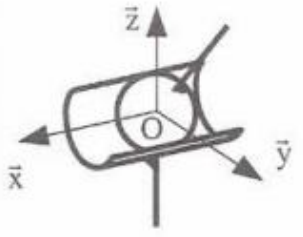
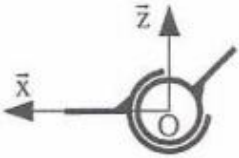
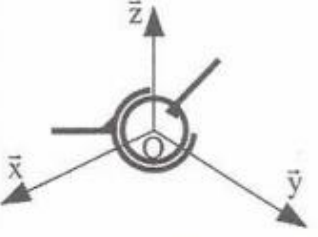
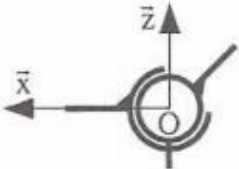
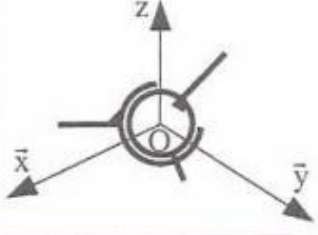
II. Modélisation d'un mécanisme

Un mécanisme étant un ensemble de solides et de liaisons organisé, il est indispensable d'en faire une analyse et une représentation logique, conforme à sa structure.

Pour cela, on dispose d'outils appropriés :

- Le graphe de structure (ou graphe des liaisons) et le schéma cinématique dans le cas d'une étude géométrique et/ou cinématique ;
- Le graphe des liaisons et efforts, et le schéma d'architecture dans le cas d'une étude des efforts dans les liaisons, en statique ou dynamique.

L'analyse cinématique d'un mécanisme débute par l'identification des groupes cinématiquement liés et des surfaces de contact qui les lient (liaisons), ce qui permet de construire son graphe de structure et son schéma cinématique.

Liaison	Schématisation normalisée plane	Schématisation normalisée spatiale	Degrés de liberté
Ponctuelle de centre O et de normale \bar{z}			R_x T_x R_y T_y R_z 0
Linéique rectiligne d'axe $(O\bar{y})$ et de normale \bar{z}			0 T_x R_y T_y R_z 0
Linéique annulaire d'axe $(O\bar{x})$			R_x T_x R_y 0 R_z 0
Rotule de centre O			R_x 0 R_y 0 R_z 0
Rotule à doigt d'axes $(O\bar{y})$ et $(O\bar{z})$			0 0 R_y 0 R_z 0

Liaison	Schématisation normalisée plane	Schématisation normalisée spatiale	Degrés de liberté
Appui plan de normale \bar{z}			$\begin{matrix} 0 & T_x \\ 0 & T_y \\ R_z & 0 \end{matrix}$
Pivot glissant d'axe $(O \bar{x})$			$\begin{matrix} R_x & T_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$
Glissière hélicoïdale d'axe $(O \bar{x})$			<p>Relation proportionnelle</p> $\begin{matrix} \downarrow & \downarrow \\ R_x & T_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$
Glissière de direction \bar{x}			$\begin{matrix} 0 & T_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$
Pivot d'axe $(O \bar{x})$			$\begin{matrix} R_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$
Encastrement			$\begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$

II.1 Schéma cinématique minimal (schéma fonctionnel)

Ce mode de représentation met en évidence les mouvements relatifs entre sous-ensembles cinématiques. A la différence du schéma architectural, on ne s'intéresse pas à la réalisation des liaisons mais uniquement aux mobilités. Il fait l'objet de la norme NF EN 23-952.

Les liaisons sont supposées parfaites : surface géométrique parfaite, les jeux interne à la liaison sont négligés, les frottements sont négligés.

Le schéma cinématique doit présenter le plus fidèlement et le plus simplement possible les relations entre les différents groupes de pièces. On trouvera donc :

- Des groupes de pièces représentés sous forme de « fils de fer ». On les appelle aussi « blocs cinématiques » ou aussi « classes d'équivalence »
- Des liaisons normalisées situées au niveau de chaque contact entre les groupes de pièces.

Les principales étapes de réalisation d'un schéma cinématique sont présentées ci-dessous :

Etape 1 : repérer les groupes cinématiques

- Colorier les classes d'équivalence sur le plan d'ensemble
- Recenser les pièces composant chaque groupe (les pièces élastiques à exclure)

Etape2 : établir le graphe des liaisons

- Relier par un trait les groupes ayant des contacts quels qu'ils soient.

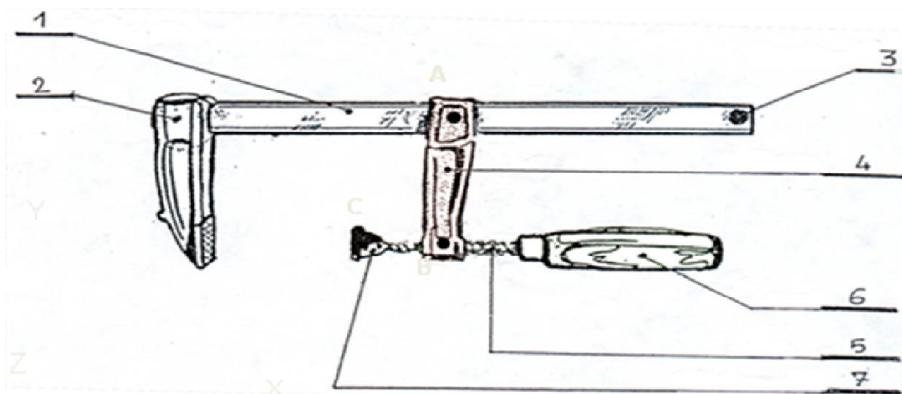
Etape3 : identifier les liaisons entre les groupes :

- Déterminer la nature du ou des contacts entre les classes d'équivalence. et/ou observer les degrés de liberté entre les groupes concernés.
- En déduire la liaison normalisée correspondante (centre et axe)

Etape 4 : construire le schéma cinématique minimal

- Choisir le point de vue le plus explicite pour le schéma (plan x,y)
- Repérer la position relative des liaisons (au centre du contact réel)

Exemple : serre joints



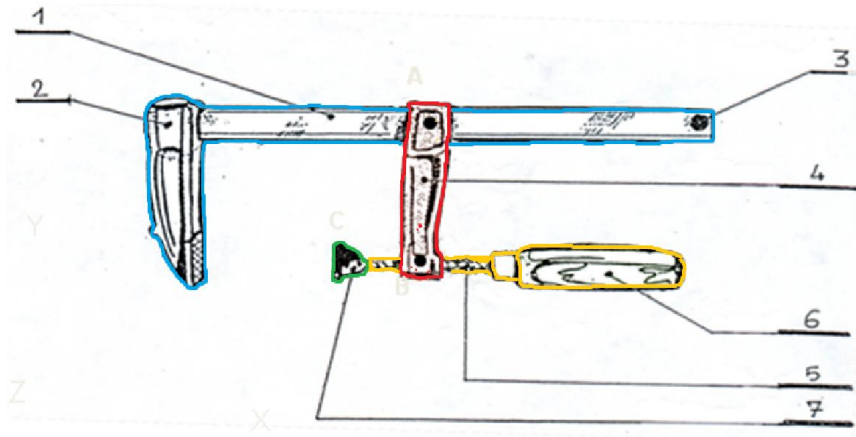
Etape 1 : groupes cinématiques (classes d'équivalence)

Groupe 1 : 4

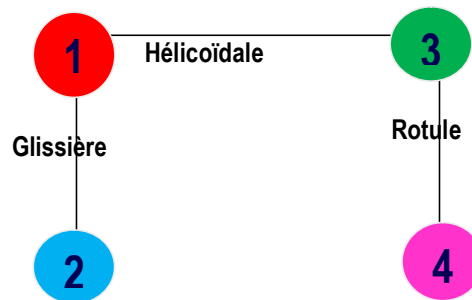
Groupe 2 : 1 ; 2 ; 3

Groupe 3 : 6 ; 5

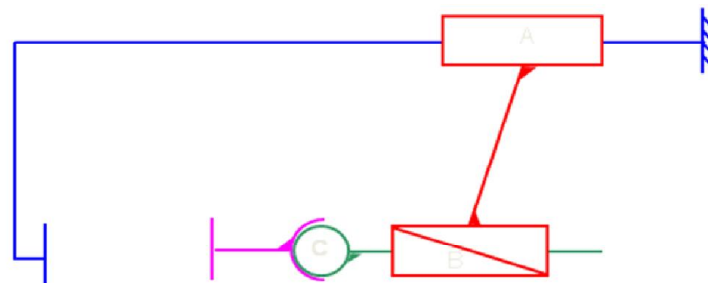
Groupe 4 : 7



Etape 2 : Graph des liaisons



Etape 3 : schéma cinématique minimal



II.2 Caractérisation d'une liaison par les efforts transmissibles :

Une liaison encastrement permet de transmettre une action mécanique représentable par :

$$\{\mathcal{T}_{s1/s2}\} = \begin{vmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & N \end{vmatrix} (A, x, y, z)$$

Où X, Y, Z sont les composantes d'une force et L, M, N celle d'un moment dans la base considérée

Si une liaison possède un degré de mobilité, une des six composantes de l'action mécanique transmissible est nulle. Par exemple, dans une liaison pivot parfaite d'axe X, le couple d'axe X est nulle. On a donc toujours :

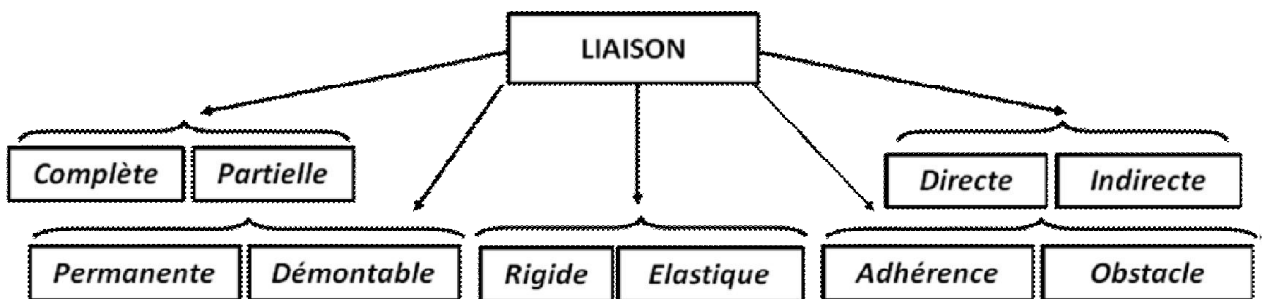
Nombre de degrés de liberté = nombre de composantes d'action nulles

III. Aspects technologiques des liaisons :

III.1 Caractérisation technique d'une liaison

Une liaison entre deux pièces d'un mécanisme présente 5 caractères :

- le nombre de degrés de liberté,
- la permanence de la liaison,
- la déformabilité de la liaison,
- la transmission d'une action
- l'existence ou non d'organes associés à la réalisation de la liaison.



III.2 Choix des liaisons

Pour le choix des liaisons, on doit impérativement tenir compte des facteurs technologiques suivants :

- Les conditions fonctionnelles.
- La nature et l'intensité des forces appliquées aux pièces assemblées.
- La possibilité et le mode d'usinage.
- La fréquence et la facilité de démontage.
- L'encombrement des organes de liaisons.
- Le prix de revient.

III.3 Réalisation des liaisons

Un mécanisme est un ensemble d'organes assujettis à des liaisons. Celles-ci assurent l'immobilisation relative, totale ou partielle de deux pièces adjacentes. Pour assurer les liaisons, on utilise dans la plus part des cas, des organes accessoires ou éléments technologiques dont la forme et les dimensions ont été normalisées. Ces organes ne sont pas représentés sur les dessins d'exécution et figurent dans les nomenclatures avec leur désignation complète normalisée.

Le tableau ci-dessous indique, pour chaque type de liaison, les divers réalisations possibles et les moyens de liaison utilisés.

NATURE DES LIAISONS	MOYENS DES LIAISONS
complètes indémontables	- Rivures en utilisant des rivets - Emmanchements cylindriques avec serrage important - Soudures
complètes démontables	- Assemblage par boulons, goujons et vis - Emmanchement conique - Clavetages forcés - Goupillages - Blocages par vis de pression, douilles fondues et cames
partielles en translation	- Epaulement ou embases - Brides ou bagues d'arrêt - Rondelles et écrous ou goupilles ou vis - Vis à téton - Goupilles tangentés - Circlips
partielles en rotation	- Emmanchements non cylindriques - Clavettes disques ou parallèles - Arbres cannelés - Arbres dentelés - Vis à téton - Ergots
partielles articulations	- Rotules. - Vis-axe. - Axes d'articulation
partielles élastiques	- Ressorts. - Rondelles Belleville - Caoutchouc - Silentbloc