

## Concept de Structure articulée

### 1. Structure articulée

Une structure articulée est un mécanisme formé de corps rigides ou flexibles, reliés par des joints cinématiques, comme le montre la figure.

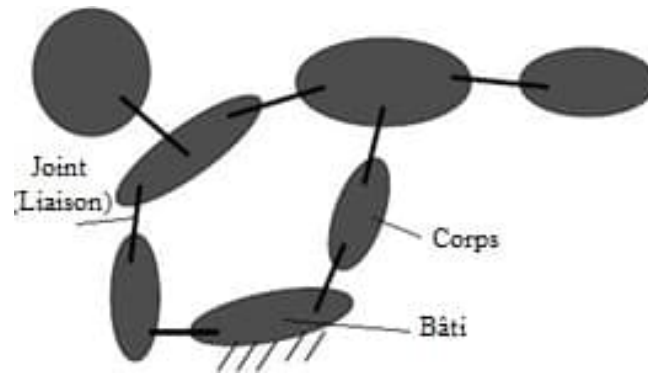


Fig.1 Structure articulée

### 2. Joints et liaisons cinématiques (mécaniques)

- Les corps rigides sont reliés par des joints
- Introduisent des contraintes entre le mouvement des corps rigides du système multicorps.

### 3. Les différents types de liaisons mécaniques

#### 3.1 Liaisons élémentaires (simples)

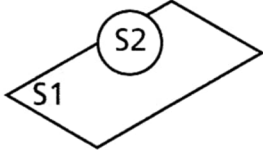
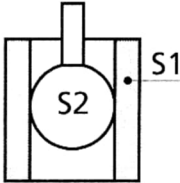
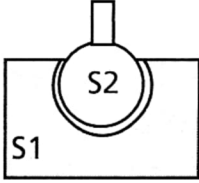
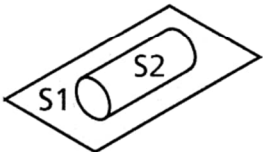
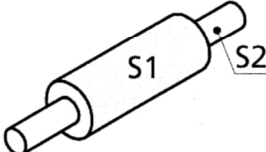
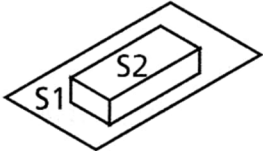
Liaison simple entre deux pièces obtenues par contact entre des surfaces géométriques élémentaires appartenant aux deux pièces. Celle-ci repose sur les hypothèses suivantes :

- Le contact s'établit théoriquement en un point, une portion de ligne ou d'une surface de définition géométriquement simple obtenue à partir des principaux procédés d'usinage sont :
  - ✓ Point,
  - ✓ Droite,
  - ✓ Cercle,
  - ✓ Plan,
  - ✓ Cylindre,
  - ✓ Sphère,
  - ✓ Surface hélicoïdale.
- Les surfaces de chacune des pièces sont supposées géométriquement parfaites et le maintien du contact est toujours assuré,
- La liaison est sans jeu.

Le tableau ci-dessous donne les différentes combinaisons :

- 1- Contact plan/sphère donne une liaison ponctuelle ou Sphère-Plan,
- 2- Contact plan/cylindre donne une liaison linéaire rectiligne,
- 3- Contact plan/plan donne une liaison appui plan,
- 4- Contact cylindre/sphère donne une liaison linéaire annulaire,
- 5- Contact cylindre/cylindre donne une liaison pivot glissante,
- 6- Contact sphère/sphère donne une liaison rotule ou sphérique.

Ces surfaces de contact sont appelées surfaces fonctionnelles.

|          | Plan                                                                                | cylindre                                                                           | Sphère                                                                              |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Sphère   |    |   |  |
| Cylindre |   |  |                                                                                     |
| Plan     |  |                                                                                    |                                                                                     |

**Fig.2** Schéma des liaisons simples (élémentaires)

## 2 Liaisons composées

Une liaison composée est obtenue par association cohérente de liaisons élémentaires. C'est-à-dire lorsque deux pièces sont liées par au moins deux liaisons simples, on parle de liaison composée.

Exemples : un vilebrequin de moteur lié au bâti par 5 paliers, etc.

Le tableau ci-dessous donne les différentes associations possibles (Schéma des liaisons composées)

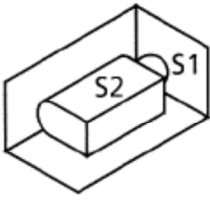
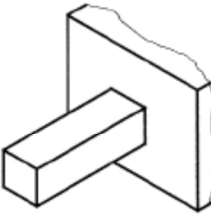
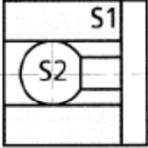
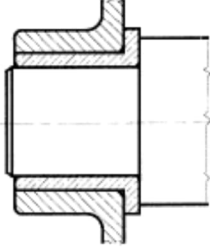
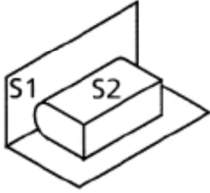
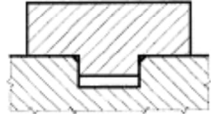
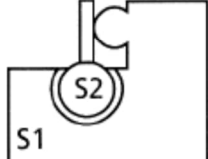
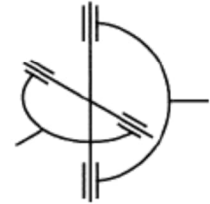
| Association de liaisons élémentaires                                                                                                     | Exemple                                                                                                        | Association de liaisons élémentaires                                                                                    | Exemple                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Appui plan +<br>linéaire rectiligne<br>+ ponctuelle | <br>Poutre encastrée          | <br>Linéaire annulaire<br>+ appui plan | <br>Guidage<br>en rotation |
| <br>Appui plan +<br>linéaire rectiligne                 | <br>Guidage<br>en translation | <br>Rotule<br>+ ponctuelle            | <br>Joint de cardan        |

Fig.3 Schéma des liaisons composées

Autre liaison très utilisée : la liaison hélicoïdale pièce à filetage

- Association Appui plan/Linéaire rectiligne/Ponctuelle donne :

1- Liaison complète

- Association Appui plan/Linéaire rectiligne donne :

2- Liaison glissière

- Association Linéaire annulaire/Appui plan donne :

3- Liaison pivot

Association Rotule/Ponctuelle donne :

4- Liaison sphérique à doigt

#### 4. CARACTÉRISTIQUES DES LIAISONS MÉCANIQUES

Les liaisons mécaniques sont caractérisées par leurs degrés de liberté et leur torseur d'action mécanique transmissible.

##### 4.1 Torseur d'action mécanique transmissible

Un torseur d'action mécanique transmissible permet d'écrire les efforts et les moments transmissibles par une liaison entre deux solides  $S_1$  et  $S_2$ .

Le torseur  $\{T\}$  est composé :

- Du vecteur  $\vec{R}$ , somme des actions mutuelles entre ces deux pièces
- Du vecteur  $\vec{M}$ , moment en un point des actions mutuelles entre ces deux pièces.

## 5. Tableau des symboles normalisés des liaisons mécaniques

**Schématisation des liaisons** La schématisation ou la modélisation des liaisons est normalisée et est indiquée dans les tableaux suivants. En statique plane, les liaisons entre solides se ramènent à quatre familles principales : appui simple, articulation ou pivot, glissière, encastrement.

| Nom de la liaison          | Translation | Rotation | Degrés de liberté | Représentation plane | Représentation spatiale | Exemples |
|----------------------------|-------------|----------|-------------------|----------------------|-------------------------|----------|
| <b>Sphère-Plan</b>         | 2           | 3        | 5                 |                      |                         |          |
| <b>Appui plan</b>          | 2           | 1        | 3                 |                      |                         |          |
| <b>Pivot</b>               | 0           | 1        | 1                 |                      |                         |          |
| <b>Pivot glissant</b>      | 1           | 1        | 2                 |                      |                         |          |
| <b>Glissière</b>           | 1           | 0        | 1                 |                      |                         |          |
| <b>Linéaire rectiligne</b> | 2           | 2        | 4                 |                      |                         |          |
| <b>Linéaire annulaire</b>  | 1           | 3        | 4                 |                      |                         |          |
| <b>Sphérique</b>           | 0           | 3        | 3                 |                      |                         |          |
| <b>Hélicoïdale</b>         | 1+1         | 1        | 1                 |                      |                         |          |
| <b>Complète</b>            | 0           | 0        | 0                 |                      |                         |          |

## 6. Chaînes continues

Une **chaîne continue ouverte** est une succession de pièces dont chacune est liée à la précédente par une liaison simple. On a donc, en décomptant le bâti,  $p$  pièces reliées par  $a = p$  liaisons. Exemples : un bras de pelle mécanique, un doigt par rapport à la main, etc.

Une **chaîne continue fermée** est constituée de manière analogue, sauf que les pièces forment une boucle. Toujours en décomptant le bâti, on trouve  $p$  (pièces) et  $a = p + 1$  (liaisons). Cette disposition est très fréquente dans les systèmes de transformation de mouvement, on trouve par exemple  $p = 2$  et  $a = 3$  dans le cas d'un réducteur de vitesse comportant un carter, un arbre lent et un arbre rapide.

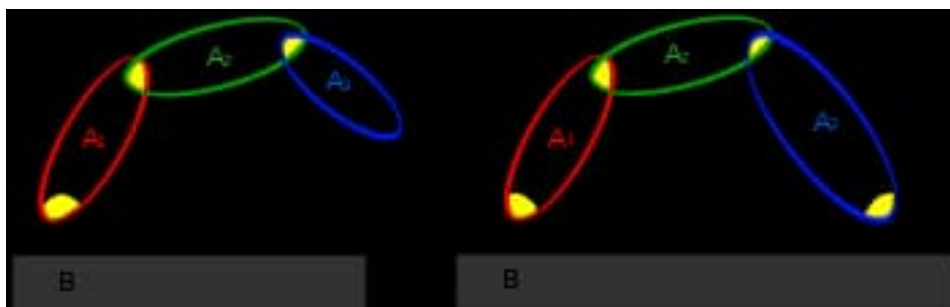


Fig.4 Chaîne continue ouverte et fermée

Un **mécanisme complexe** comporte un ensemble de pièces liées de façon plus compliquée que dans les cas précédents. Schématiquement, en considérant l'ensemble carter + vilebrequin à 5 paliers + bielles + pistons d'un moteur à 4 cylindres, on trouve par exemple  $p = 9$  pièces et  $a = 13$  liaisons simples ou composées.

## 7. Concept de structure articulée

### - Degrés de liberté d'un corps rigide

- Repérage d'un corps rigide libre dans l'espace
  - Spécifier la position + l'orientation
  - Au moyen de la position de 3 points non colinéaires A, B, C
  - 3 relations de liaisons (distance fixe entre les points)
- 6 degrés de liberté (DDL)
  - 3 ddl de translation
    - ✓ Position d'un point de référence dans un système de coordonnées
  - 3 ddl de rotation
    - ✓ Paramètres de rotation : angles d'Euler, de Bryant, etc.

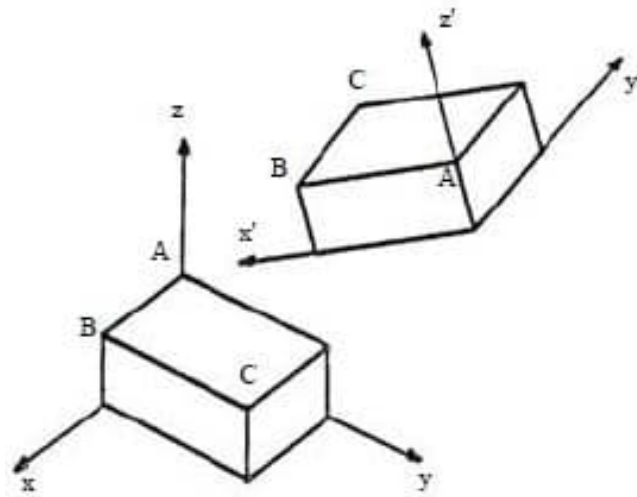


Fig.5 Degrés de liberté (DDL)

### 7.1. Joints et liaisons cinématiques

- Les corps rigides sont reliés par des joints
- Introduisent des contraintes entre le mouvement des corps rigides du système multicorps
- Contraintes algebro-différentielles en toute généralité
- Si a on « N » corps rigides et « m » constraints de liaison  
Alors le système multicorps ne possède plus que  $6N-m$  degrés de liberté

### 7.2 Coordonnées généralisées

- Un ensemble de paramètres en nombre minimal permettant de décrire la configuration du système
- Généralement choisie pour satisfaire implicitement les contraintes de liaison