

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE

SI / CAO

- Assemblage -

Marc Picard
Jérôme Fauré
Département de génie mécanique
INSA TOULOUSE



Université
de Toulouse

Les assemblages

Le but d'un assemblage est d'immobiliser et de positionner plus ou moins précisément deux pièces entre elles.

- **La Mise en Position (MIP) :**
C'est la description du **positionnement** de deux pièces entre elles.
- **Le Maintien en Position (MAP) :**
C'est la description des moyens utilisés pour **immobiliser** les deux pièces entre elles.



I Mise en Position

Mouvement et positionnement entre deux pièces:

Les surfaces de contact entre deux pièces conditionnent les possibilités de mouvement et le positionnement de l'une par rapport à l'autre.

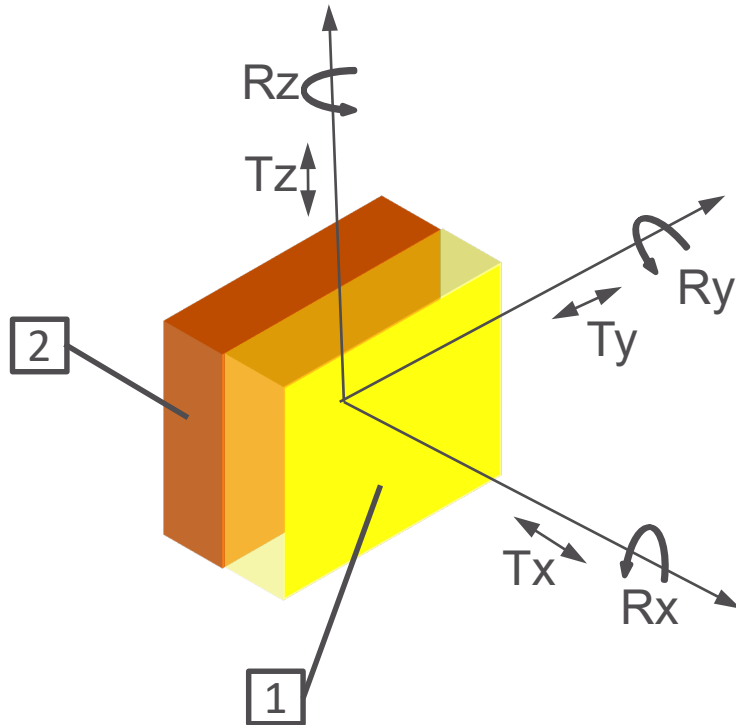
- Les degrés de liberté décrivent les possibilités de mouvement entre les deux pièces.
- Les degrés de liaison décrivent le positionnement entre les deux pièces.

$$\Sigma \text{ des degrés de liberté} + \Sigma \text{ des degrés de liaison} = 6$$

Un degré de liaison est un degré de liberté supprimé.



I.1 - Lien entre torseur statique, degré de liberté et degré de liaison:



Entre les pièces (1) et (2) la surface de contact est **un plan**.
La **liaison associée** à cette surface de contact est **un appui plan**.

Torseur statique:

$$\begin{pmatrix} X & 0 \\ 0 & M \\ 0 & N \end{pmatrix}$$

Degré de liberté:

Les trois 0 correspondent aux degrés de liberté de l'appui plan: Ty, Tz, Rx.

Degrés de liaison:

X, M, N correspondent aux degrés de liaison de l'appui plan.

X >> suppression du degré de liberté Tx

M >> suppression du degré de liberté Ry

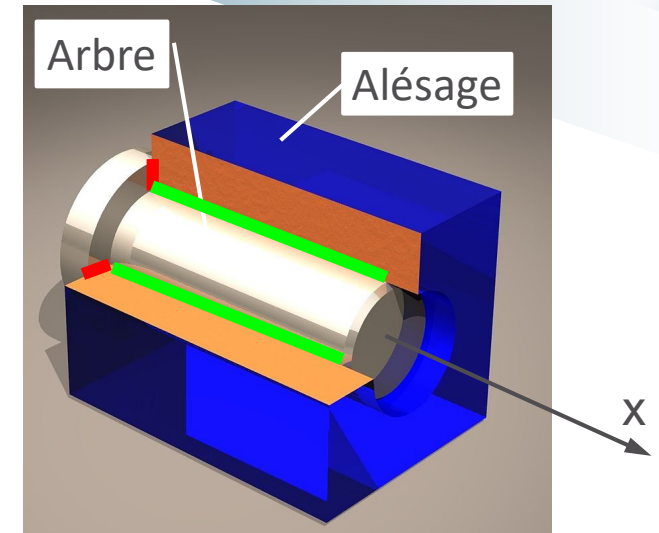
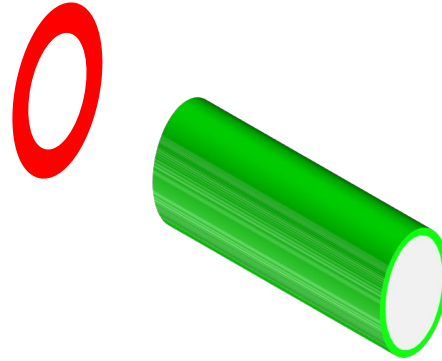
N >> suppression du degré de liberté Rz



I.2 - Exemple d'étude des surfaces de contact entre 2 pièces

Deux surfaces de contact:

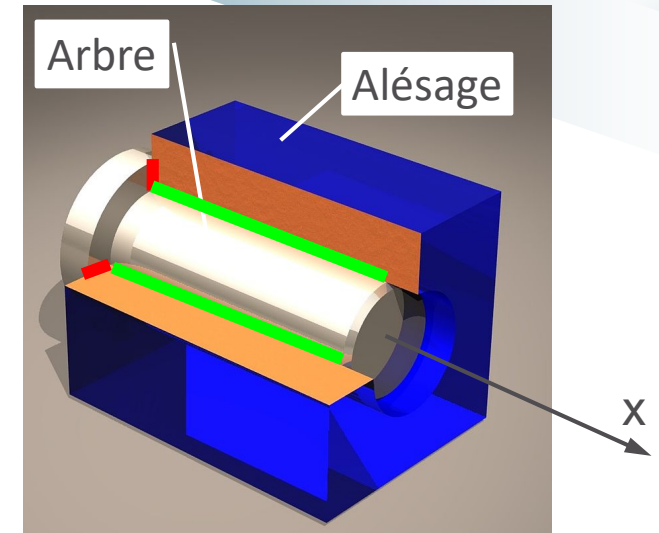
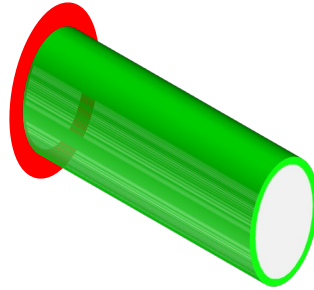
- **S1: surface plane**
- **S2: surface cylindrique**



I.2 - Exemple d'étude des surfaces de contact entre 2 pièces

Deux surfaces de contact:

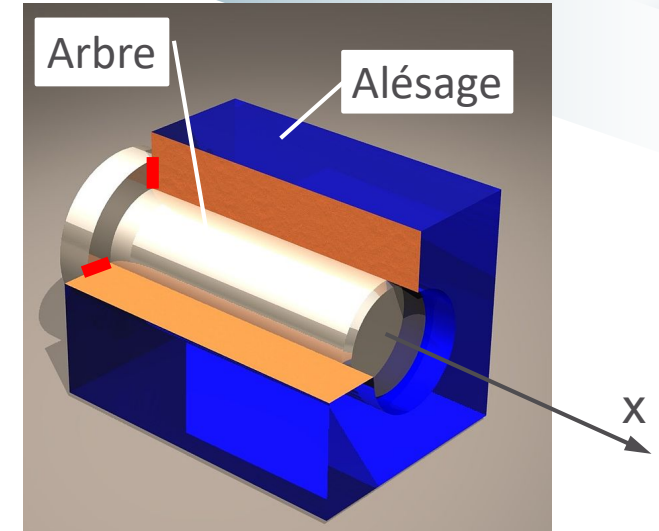
- **S1: surface plane**
- **S2: surface cylindrique**



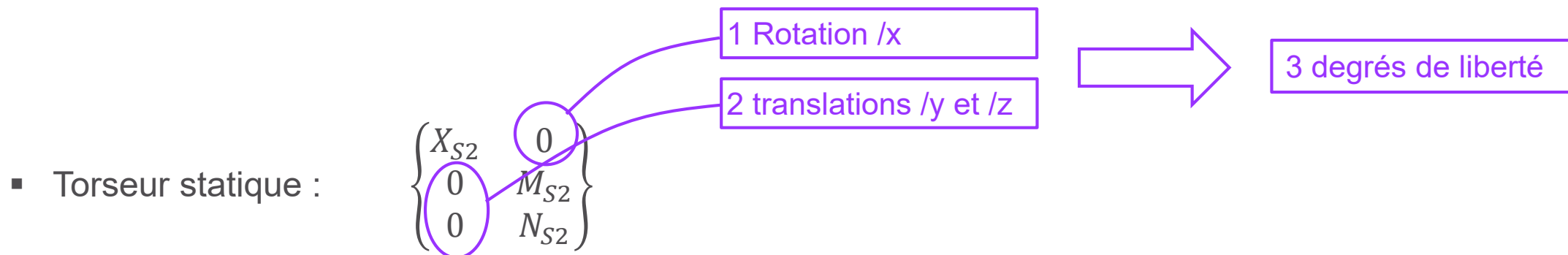
I.2 - Exemple d'étude des surfaces de contact entre 2 pièces

Deux surfaces de contact:

- **S1: surface plane**
- **S2: surface cylindrique**



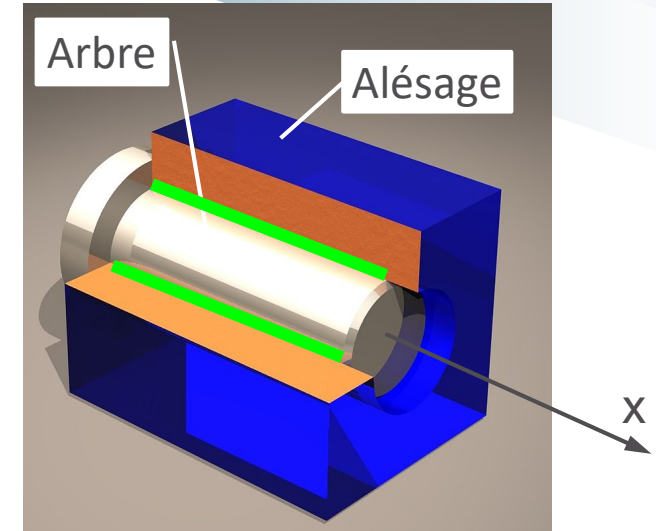
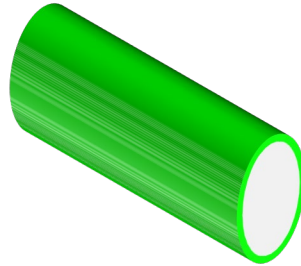
- La liaison cinématique associée à la surface de contact **plane** entre l'arbre et l'alésage est une liaison appui plan.



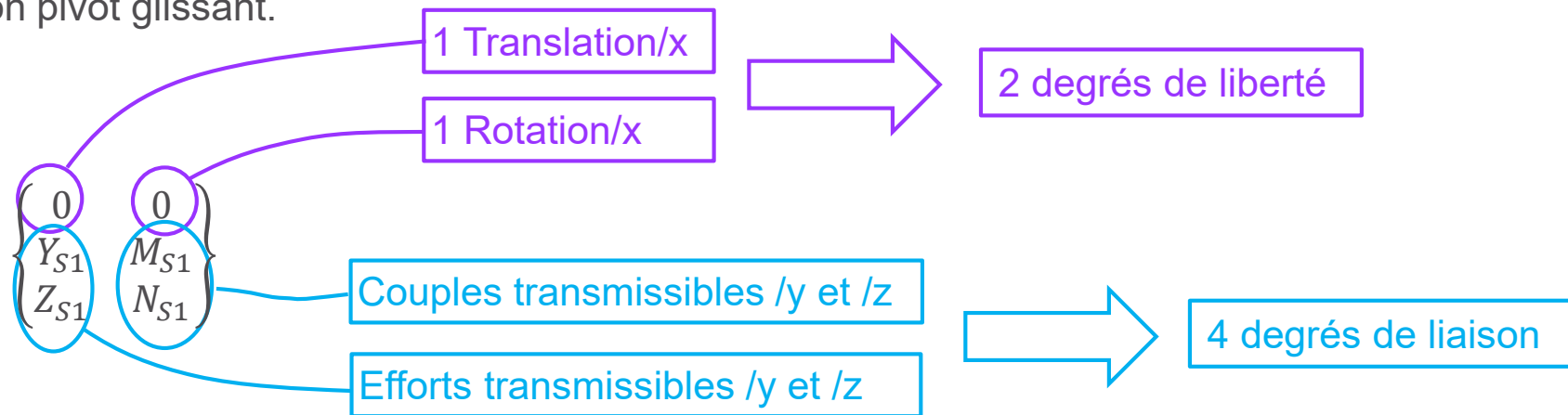
I.2 - Exemple d'étude des surfaces de contact entre 2 pièces

Deux surfaces de contact:

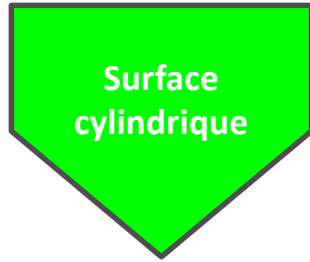
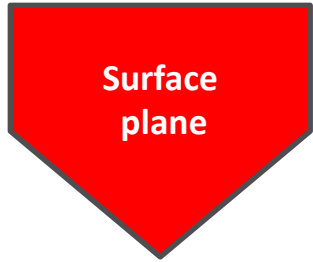
- **S1: surface plane**
- **S2: surface cylindrique**



- La liaison cinématique associée à la surface de contact **cylindrique** entre l'arbre et l'alésage est une liaison pivot glissant.

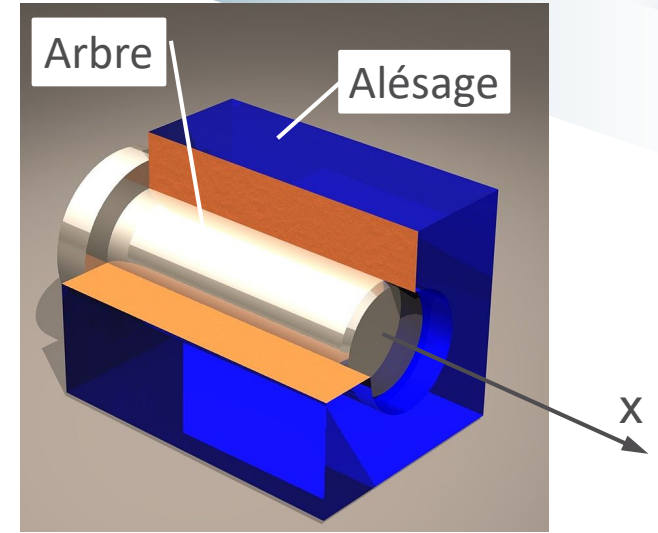


- Torseur statique :

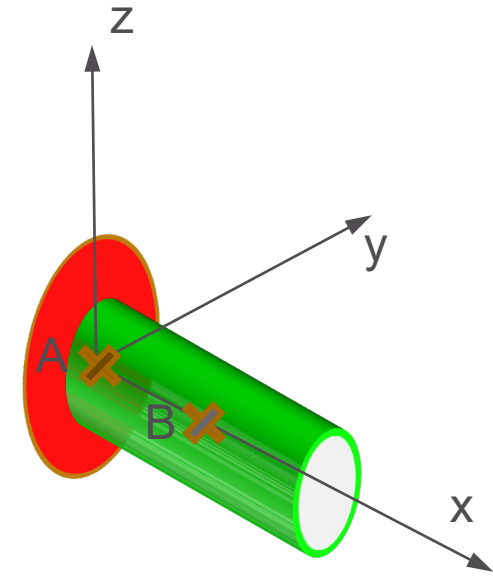


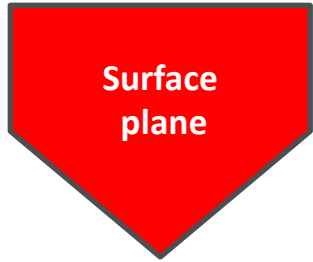
$$\begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ 0 & M_{S2} \\ 0 & N_{S2} \end{Bmatrix}_A$$

$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & M_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S1} \end{Bmatrix}_B$$



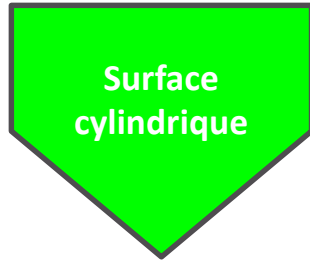
A au Centre du disque **rouge**
B sur x, axe du cylindre **vert**





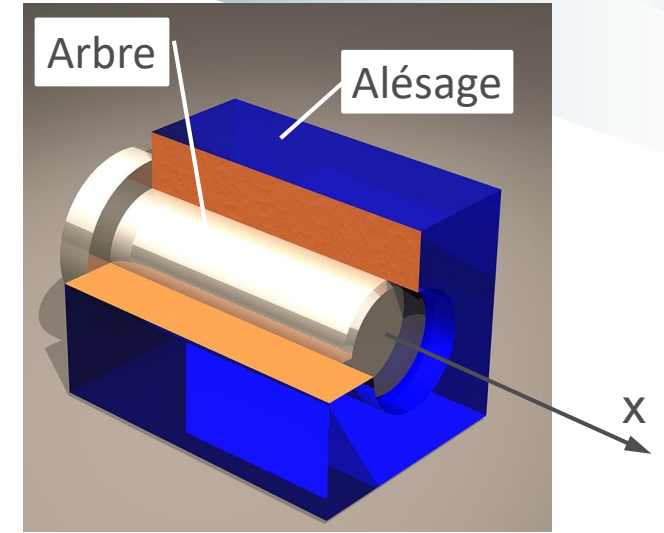
Surface
plane

$$\begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ 0 & M_{S2} \\ 0 & N_{S2} \end{Bmatrix}_A$$



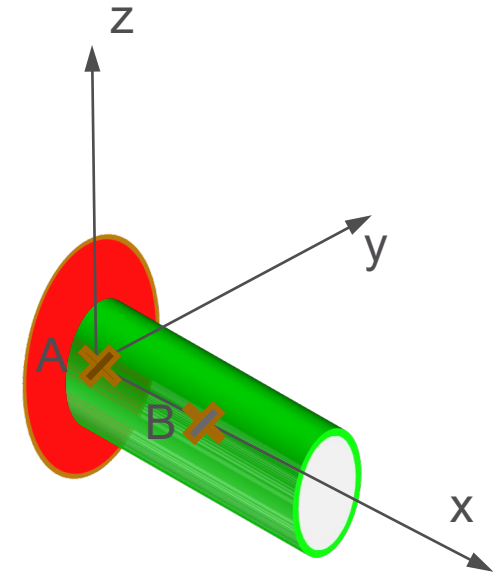
Surface
cylindrique

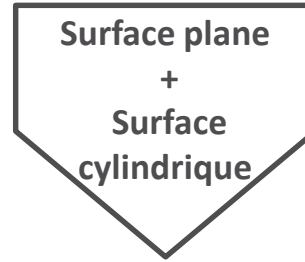
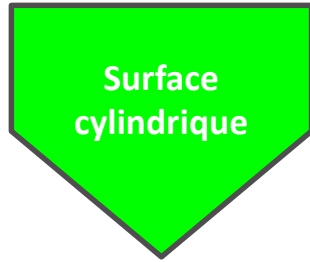
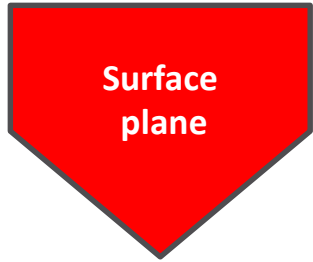
$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & M_{S1} - lZ_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S1} + lY_{S1} \end{Bmatrix}_A$$



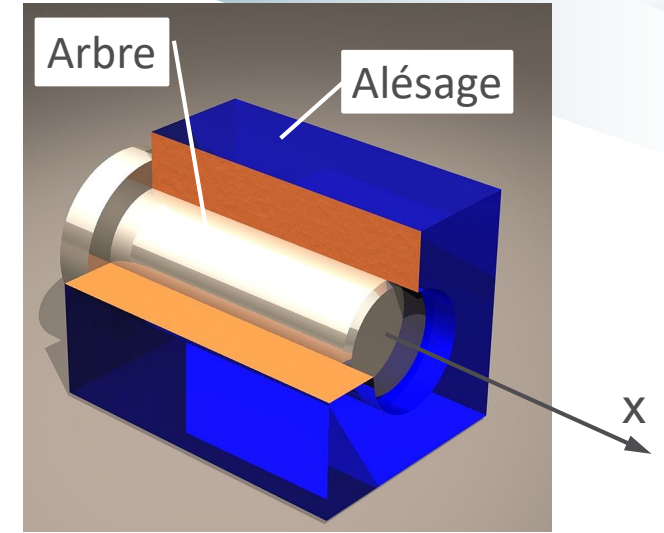
A au Centre du disque **rouge**

B sur x, axe du cylindre **vert**



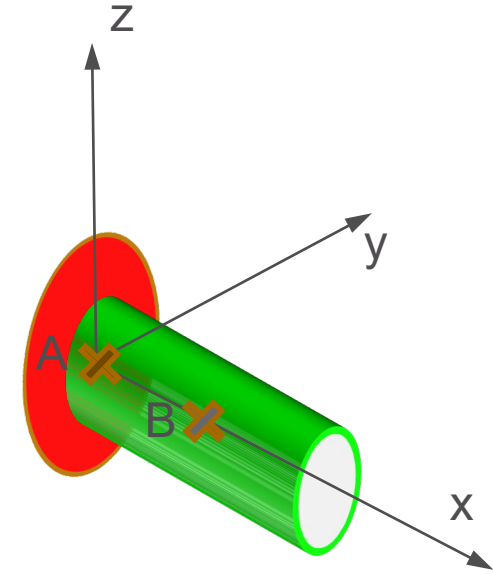


$$\begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ 0 & M_{S2} \\ 0 & N_{S2} \end{Bmatrix}_A + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & M_{S1} - lZ_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S1} + lY_{S1} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ Y_{S1} & M_{S2} + M_{S1} - lZ_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S2} + N_{S1} + lY_{S1} \end{Bmatrix}_A$$



A au Centre du disque **rouge**

B sur x, axe du cylindre **vert**



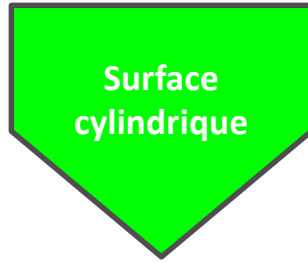


Surface
plane

$$\begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ 0 & M_{S2} \\ 0 & N_{S2} \end{Bmatrix}_A$$

Liaison
Appui plan

3 d° de liberté
3 d° de liaison

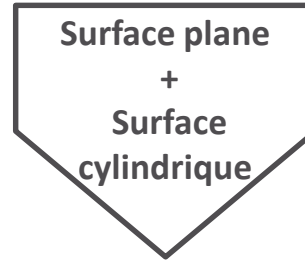


Surface
cylindrique

$$+ \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & M_{S1} - lZ_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S1} + lY_{S1} \end{Bmatrix}_A$$

Liaison
Pivot glissant

2 d° de liberté
4 d° de liaison

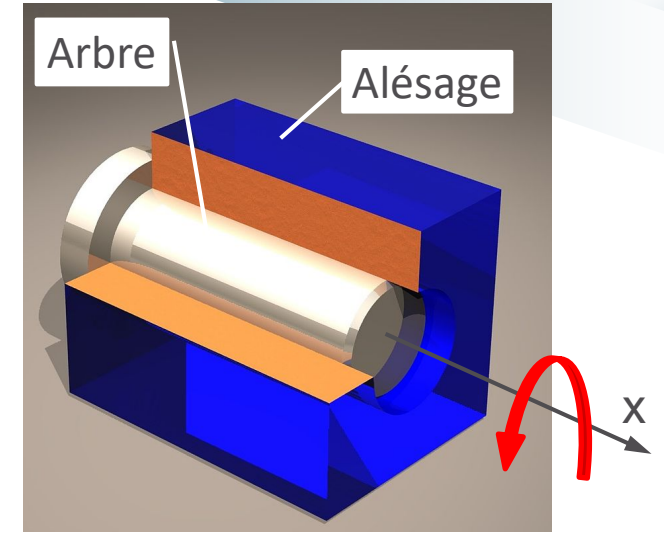


Surface plane
+
Surface
cylindrique

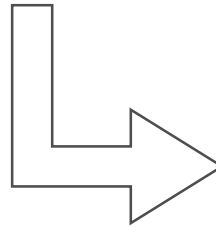
$$= \begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ Y_{S1} & M_{S2} + M_{S1} - lZ_{S1} \\ Z_{S1} & N_{S2} + N_{S1} + lY_{S1} \end{Bmatrix}_A$$

Liaison
Pivot

1 d° de liberté
5 d° de liaison



La mise en position de l'assemblage entre l'alésage et l'arbre est une liaison pivot. Il n'y a pas de positionnement en **rotation** de l'arbre par rapport à l'alésage (toutes les positions angulaires /x sont possibles).



1.3 - Mise en position

- On peut avoir une ou plusieurs surfaces de contact entre les deux pièces à assembler.
- On a besoin de plusieurs surfaces de contact dans l'assemblage, pour supprimer 6 degrés de liberté.
- Si les surfaces de contact suppriment les 6 degrés de liberté, le positionnement d'une pièce par rapport à l'autre est unique, on parle de mise en position complète.
- Si dans un assemblage on ne supprime pas les 6 degrés de liberté, les deux pièces ont plusieurs possibilités de positionnement entre elles.
- La mise en position permet le positionnement des pièces entre elles, c'est le maintien en position qui immobilise les pièces entre elles.

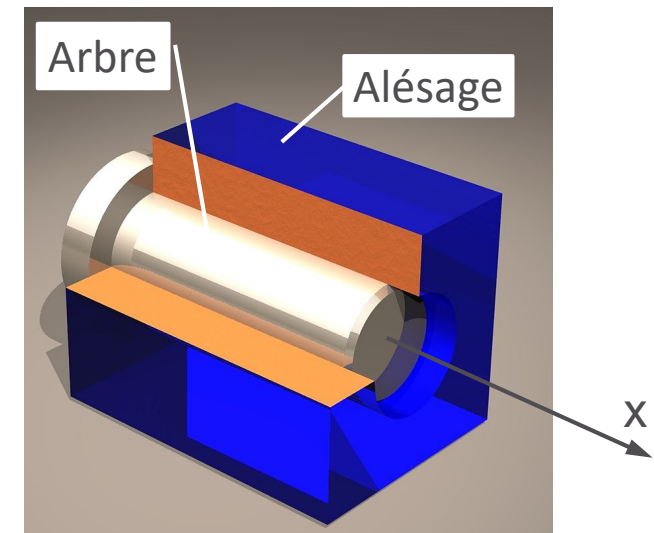
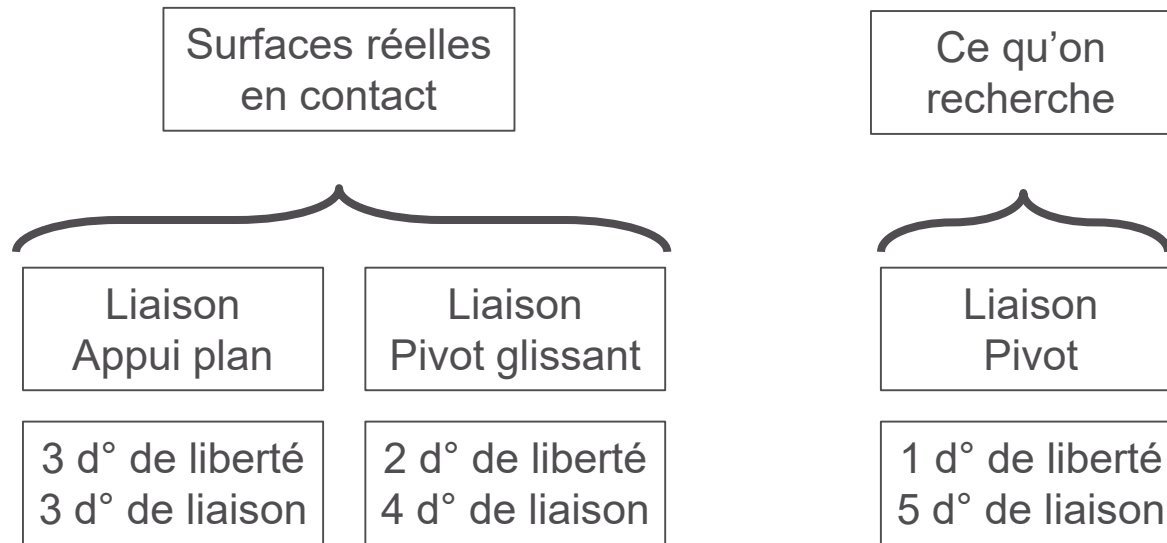
Liaison complète = positionnement unique entre les pièces.

**Liaison incomplète = plusieurs possibilités de positionnement entre les pièces.
Possibilités de réglage ou on n'a pas besoin d'un positionnement dans toutes les directions.**



I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Lorsque le degré de liaison d'un assemblage à plusieurs surfaces de contact est supérieur au degré de liaison du positionnement recherché l'assemblage est hyperstatique.



$$h \text{ (d° d'hyperstatisme)} = \sum \text{d° de liaison des surfaces de l'assemblage} - \text{d° de liaison de la liaison recherchée}$$

$$\text{Degré d'hyperstatisme de l'assemblage entre l'alésage et l'arbre} \gg h = (3 + 4) - 5 = 2$$

I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Conséquence du degré d'hyperstatisme:

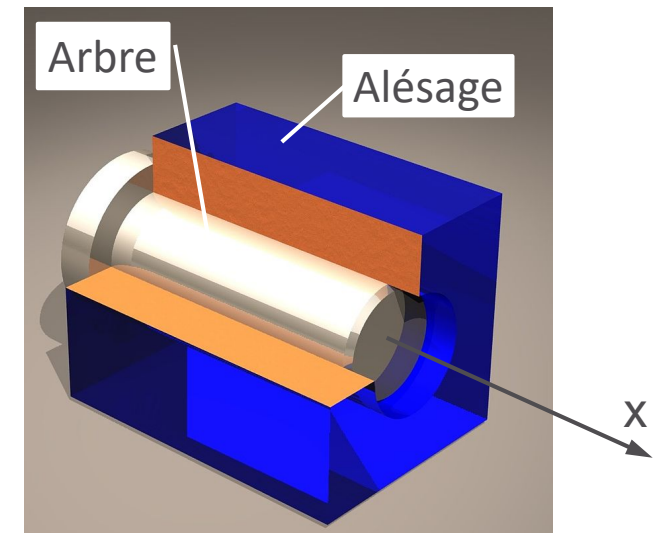
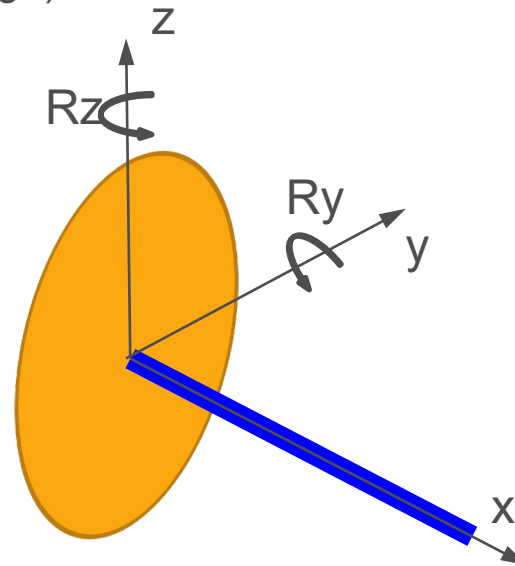
Dans notre exemple $h = 2$:

Pour que cet assemblage soit possible en respectant les deux surfaces de contact (plan et cylindre), celles-ci seront contraintes en position.

La surface plane et l'axe de la surface cylindrique doivent être perpendiculaire sur les deux pièces (arbre et alésage).

Pour rendre la surface plane perpendiculaire à l'axe de la surface cylindrique on a besoin d'orienter le plan avec deux rotations, R_y et R_z .

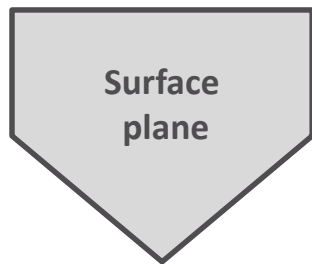
$h = 2 \gg 2$ contraintes géométriques (R_y et R_z) pour rendre les deux surfaces perpendiculaires entre elles.



I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.

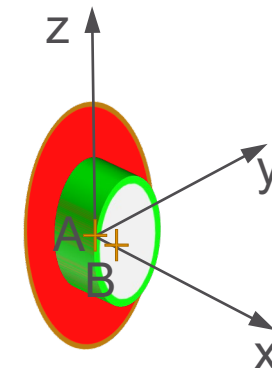
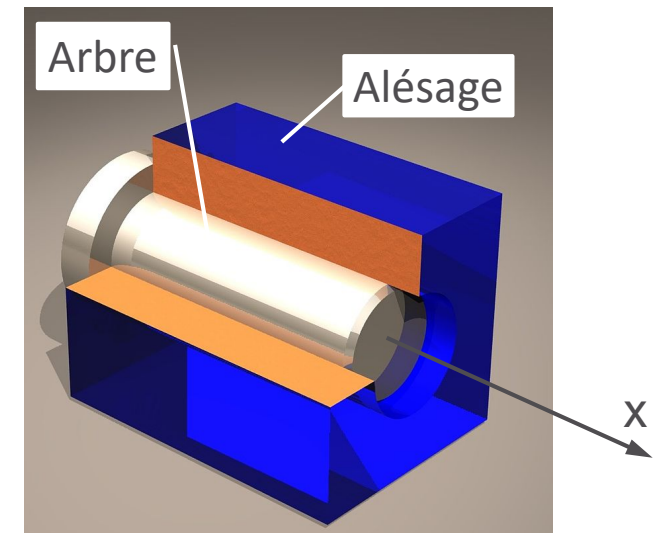
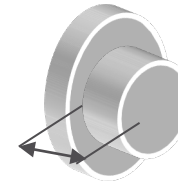


$$\begin{Bmatrix} X_{S2} & 0 \\ 0 & M_{S2} \\ 0 & N_{S2} \end{Bmatrix}_A$$

Liaison
Appui plan



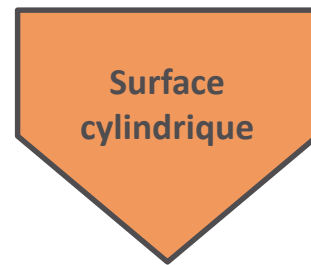
Modification
de l'arbre



I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.

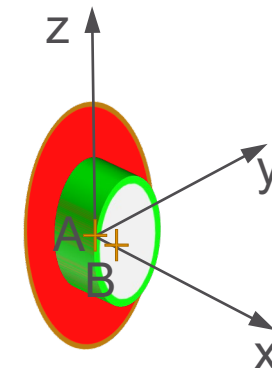
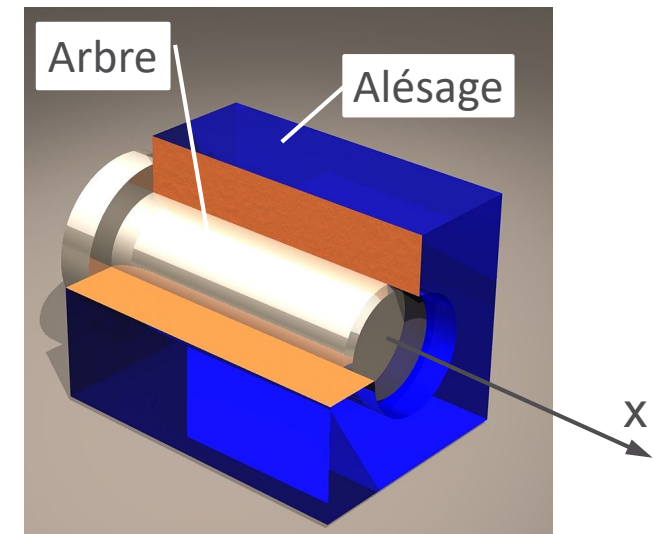
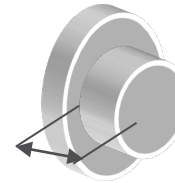


$$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & 0 \\ Z_{S1} & 0 \end{pmatrix} \mathbf{B}$$

L. Linéaire annulaire



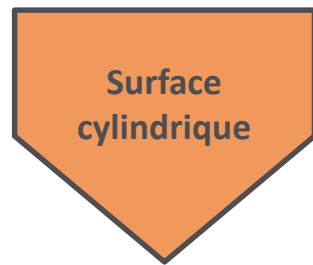
Modification de l'arbre



I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.

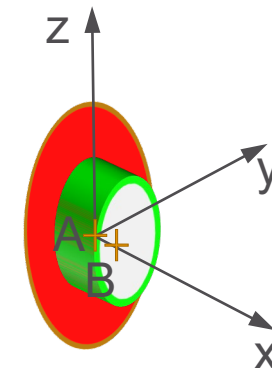
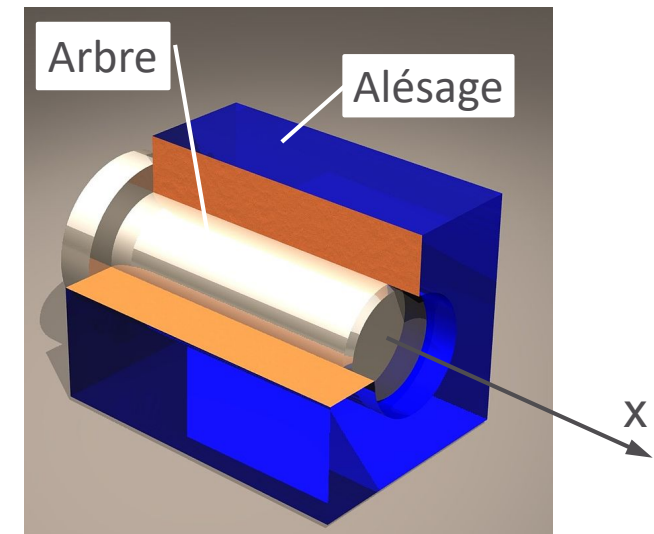
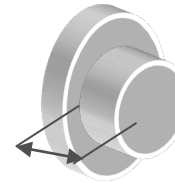


$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{S1} & -lZ_{S1} \\ Z_{S1} & lY_{S1} \end{Bmatrix}_A$$

L. Linéaire annulaire



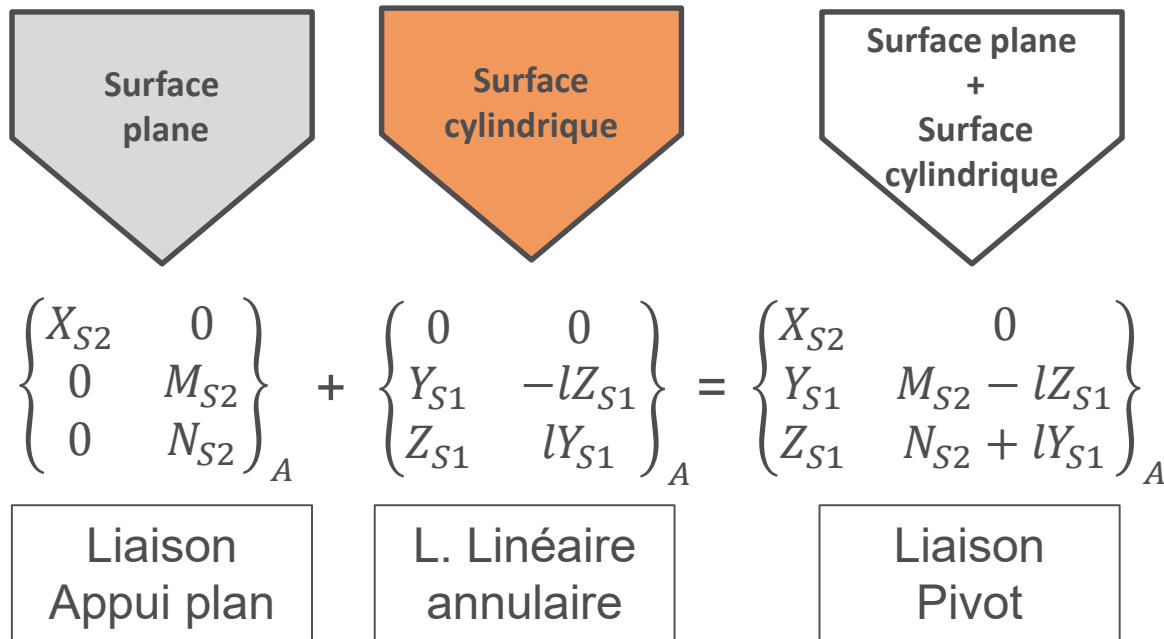
Modification de l'arbre



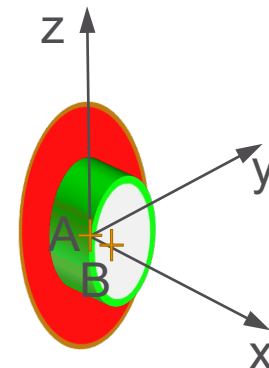
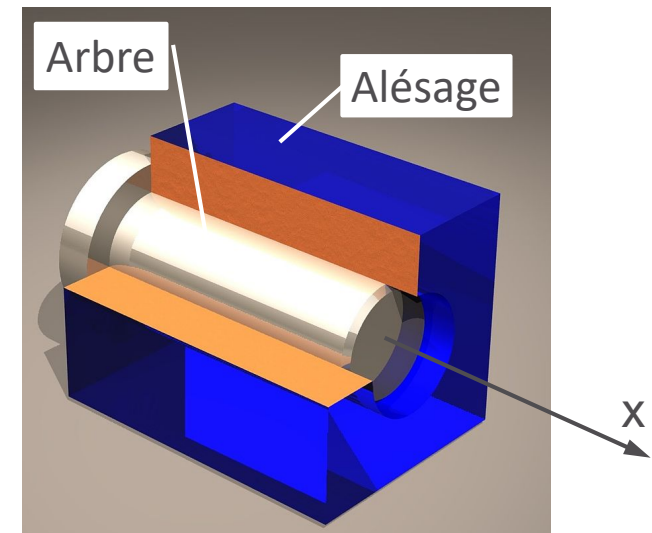
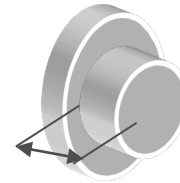
I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.



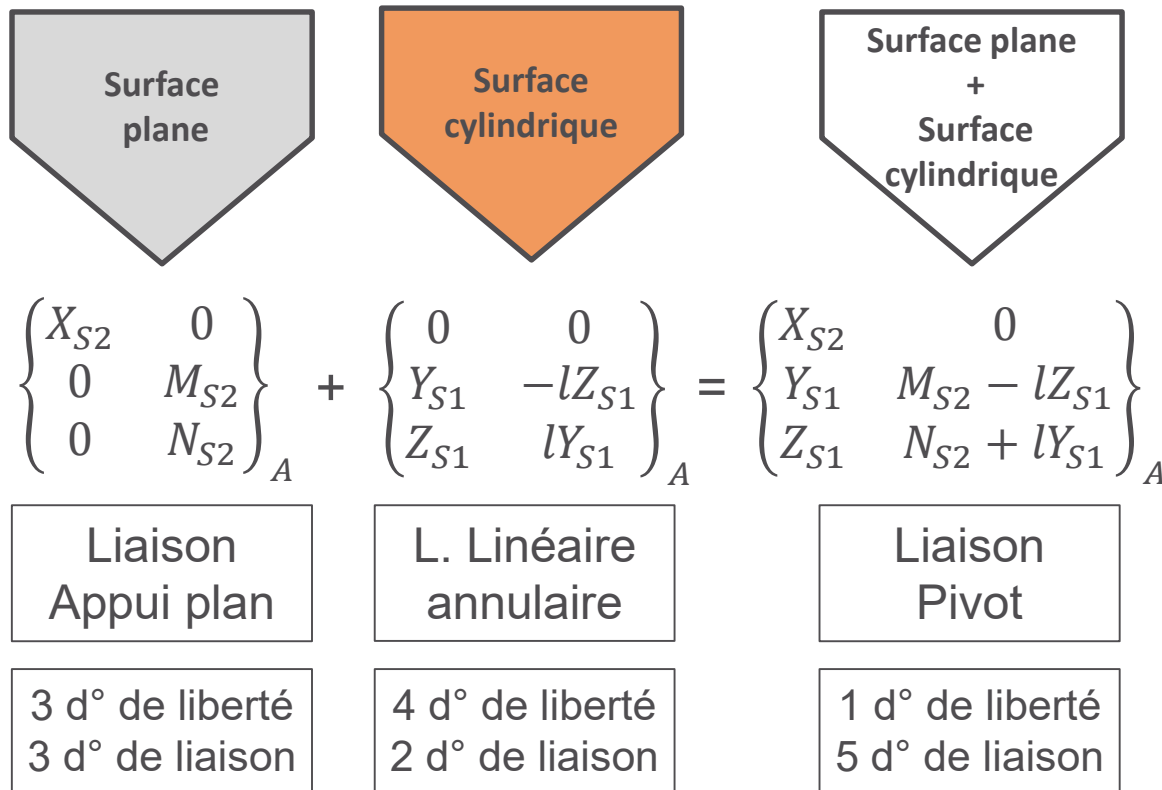
Modification
de l'arbre



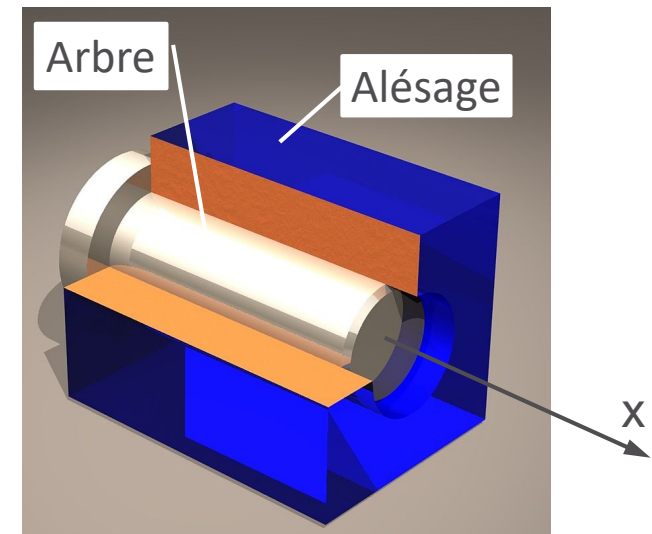
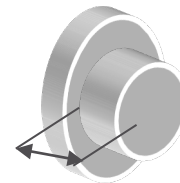
I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

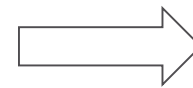
En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.



Modification
de l'arbre



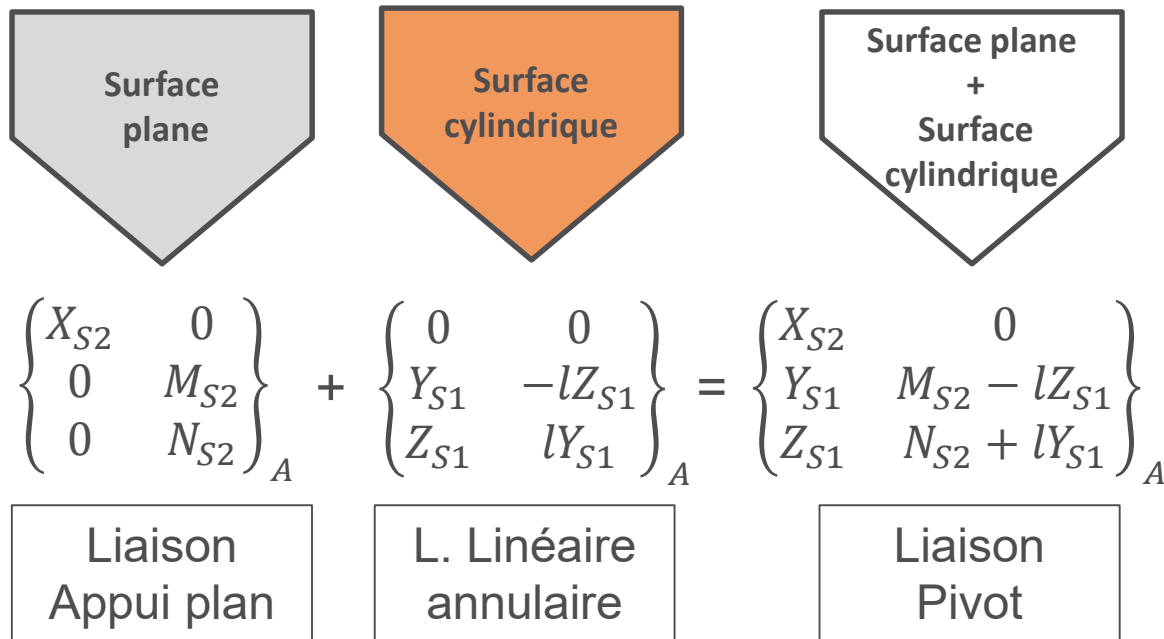
En ayant un assemblage isostatique, quelque soit la position entre les deux surfaces de contact (précision d'usinage hors précision sur le \emptyset) l'assemblage sera fonctionnel.



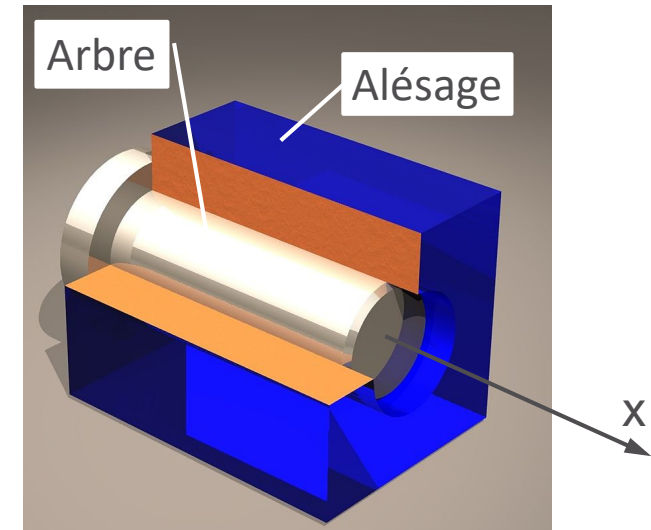
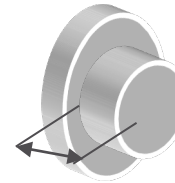
I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

Solution isostatique:

En diminuant la longueur de l'arbre on modifie la liaison associée à l'assemblage cylindrique entre l'alésage et l'arbre. La liaison devient une liaison linéaire annulaire à la place de pivot glissant.



Modification de l'arbre



I.4 - Hyperstatisme - isostatisme

$$h \text{ (d° d'hyperstatisme)} = \sum \text{d° de liaison des surfaces de l'assemblage} - \text{d° de liaison de la liaison recherchée}$$

Le calcul de l'hyperstatisme d'un assemblage n'a de sens que si il y a plusieurs surfaces en contact.

		Avantages	Inconvénients
$h = 0$	Isostatique	Pas de contrainte de positionnement des surfaces de contact entre elle.	
$h > 0$	Hyperstatique	L'hyperstatisme peut entraîner une augmentation des surfaces de contact et donc une plus grande solidité. Les pièces peuvent être plus facile à réaliser.	Le positionnement des surfaces de contact entre elle est contraint. Ces contraintes entraînent des conditions de positionnement, des possibilités de déformation, ... pour garantir la fonctionnalité de l'assemblage.
$h < 0$	hypostatique		Trop de mobilité. Le positionnement des surfaces de contact de l'assemblage n'est pas maîtrisé.



II Maintien en Position

La mise en position permet de positionner deux pièces entre elles mais rien ne leur empêche de se séparer l'une de l'autre.

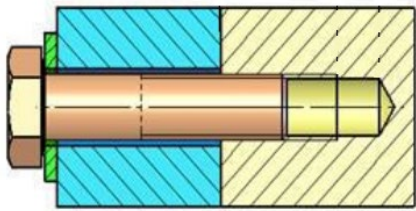
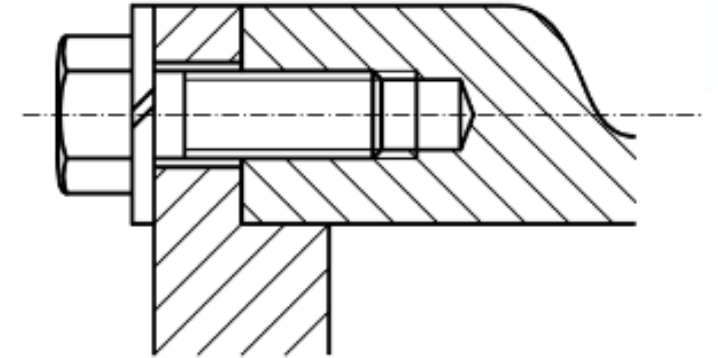
Si on veut que les pièces restent en contact et supportent des efforts il faut ajouter un maintien en position (serrage).

Le maintien en position peut être démontable ou indémontable.

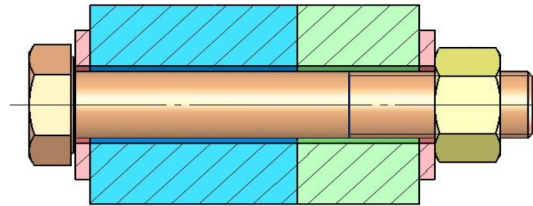


II.1 – Maintien en position démontable

On utilise principalement des éléments filetés, quelques exemples:

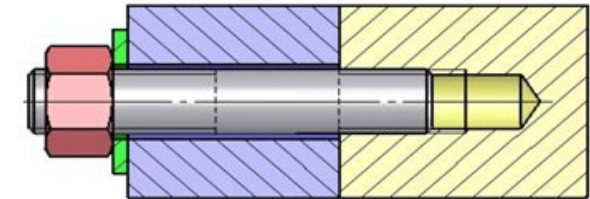


Vis d'assemblage



Boulon

(vis + écrou)

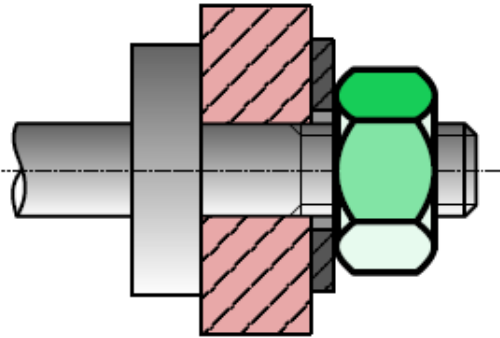


Goujon + écrou

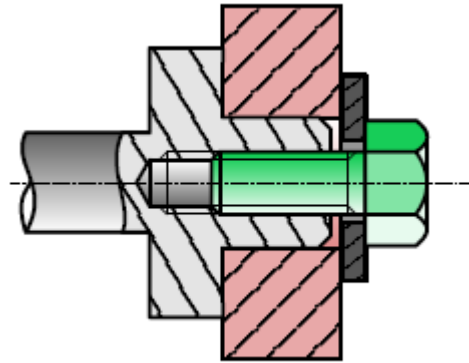


II.1 – Maintien en position démontable

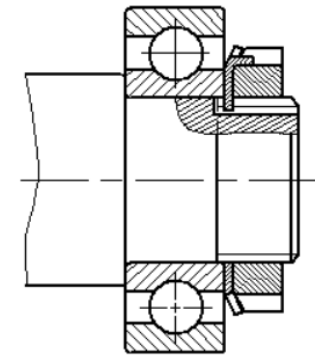
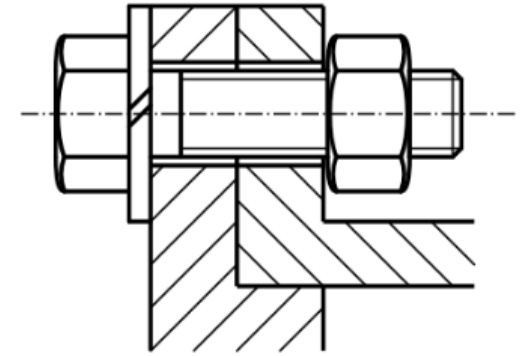
On utilise principalement des éléments filetés, quelques exemples:



Serrage avec un
écrou axial



Serrage avec une
vis axiale

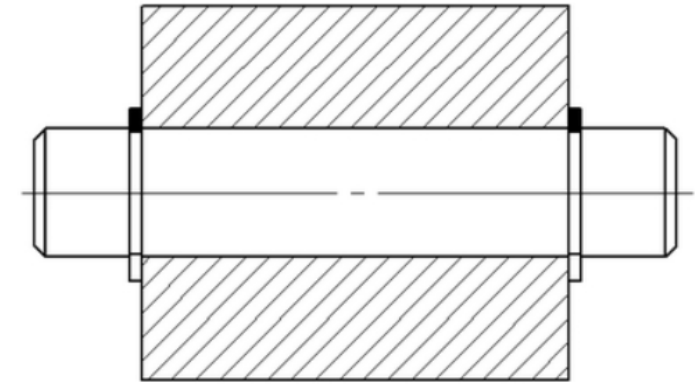


Écrou à encoches (utilisé
pour les roulements)

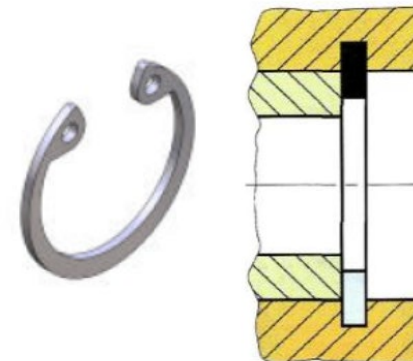


II.1 – Maintien en position démontable

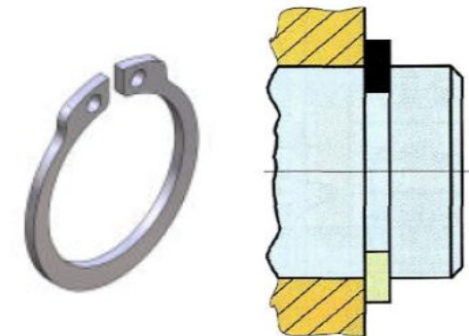
Les anneaux élastiques.



Circlips intérieur



Circlips extérieur



Remarque: les circlips ne suppriment pas la rotation autour de l'axe de révolution et persistance en général d'un jeu axial.

Auteurs : M. Picard & J. Fauré

II.1 – Maintien en position démontable

Les goupilles.

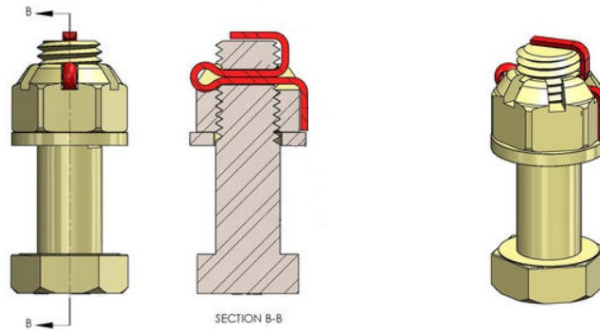
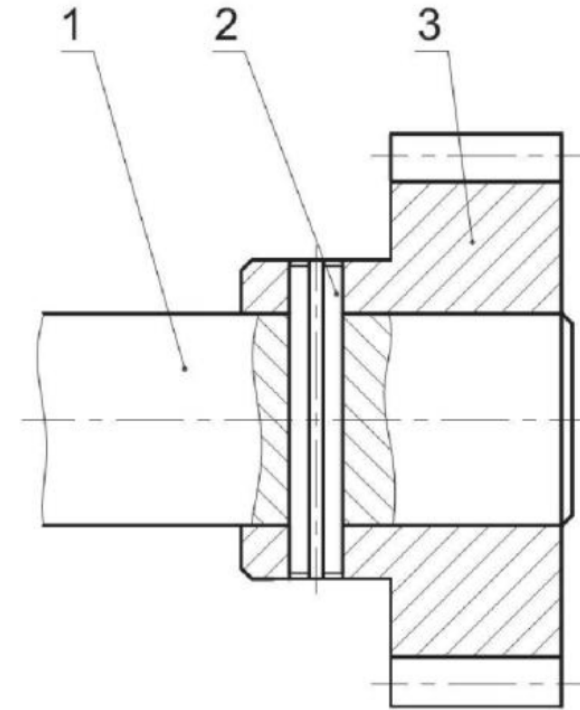
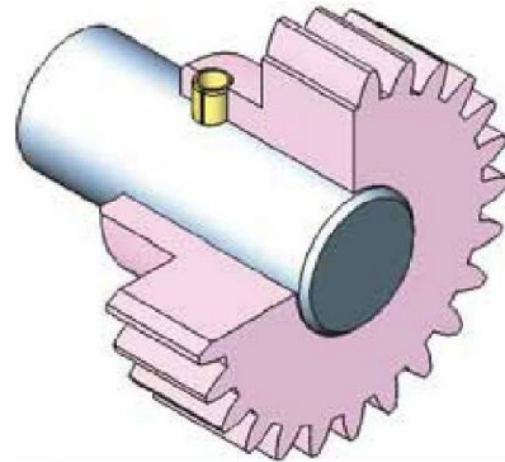
Goupille cylindrique



Goupille élastique



Goupille fendue

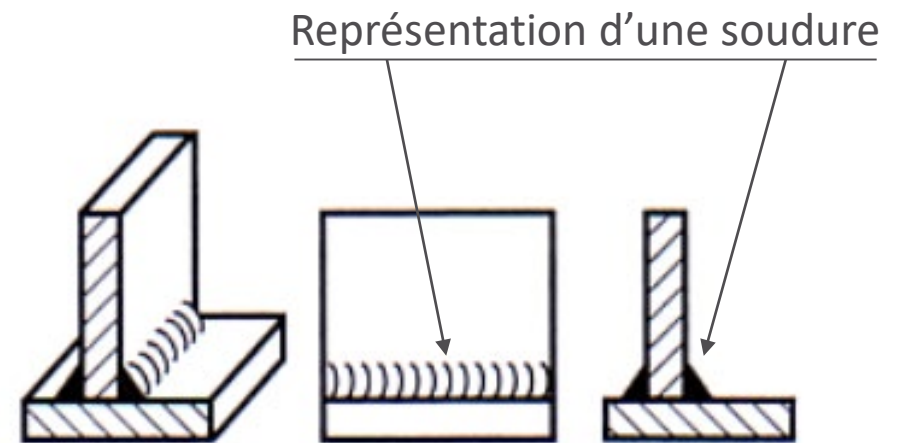
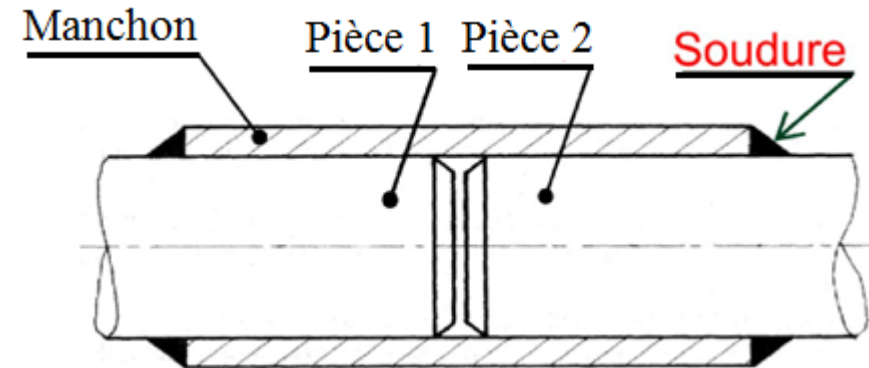
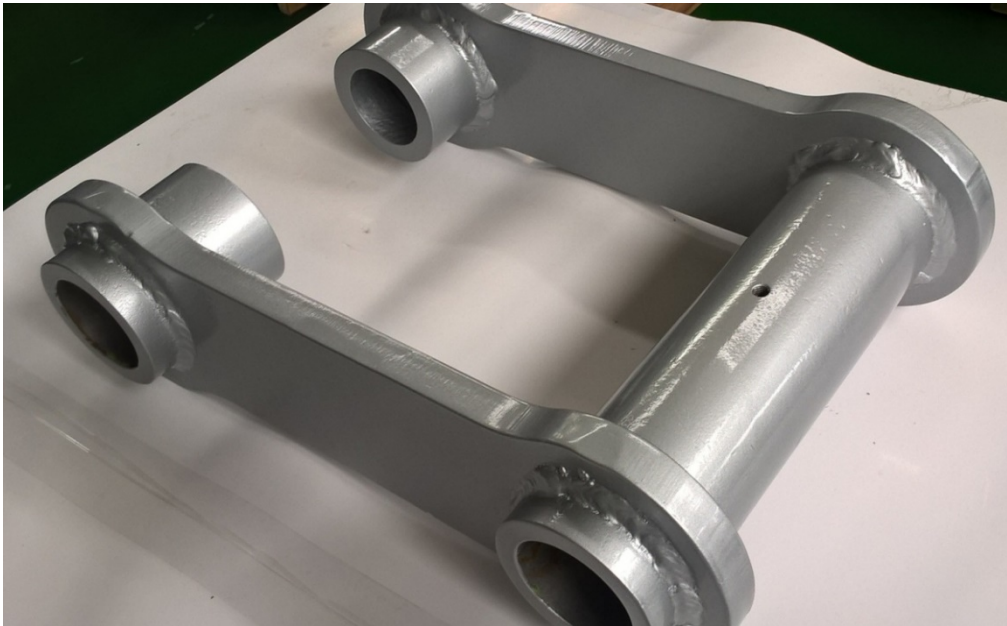


Remarque: les goupilles remplissent la fonction de mise en position et maintien en position.

Auteurs : M. Picard & J. Fauré

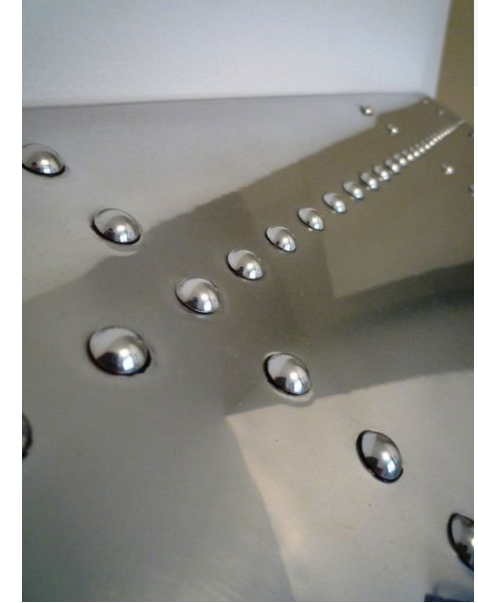
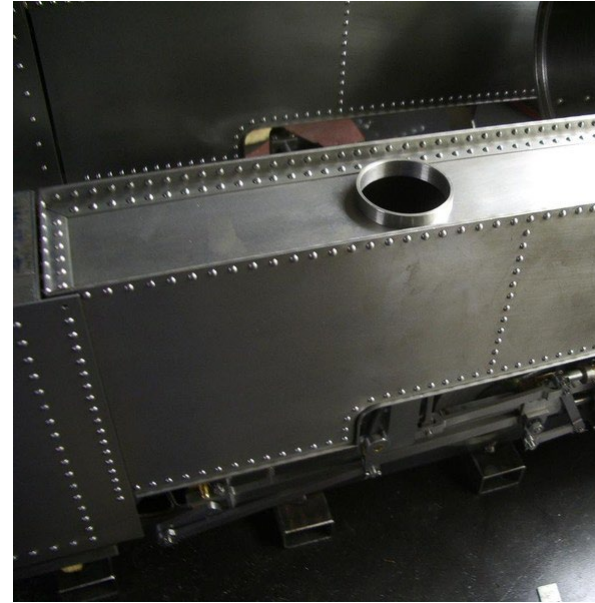
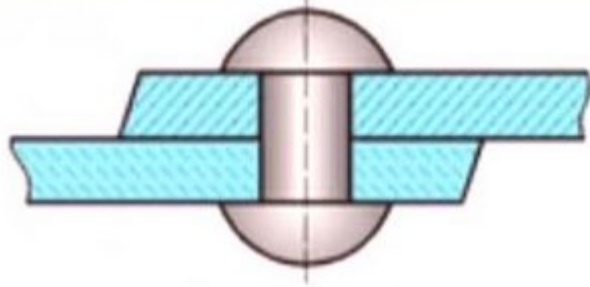
II.2 – Maintien en position indémontable

Par soudage:

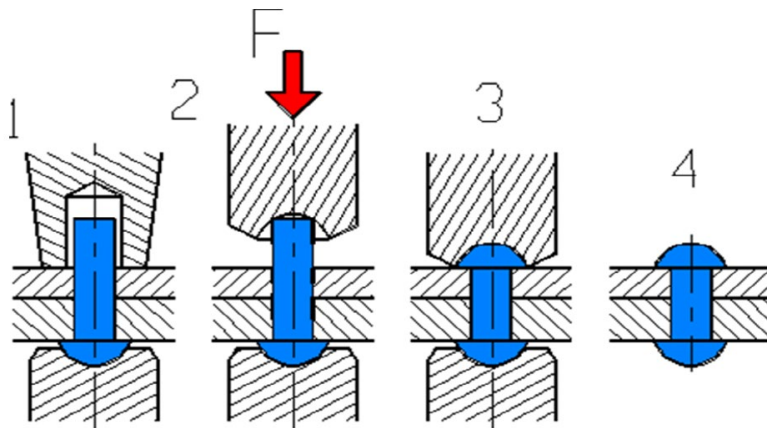


II.2 – Maintien en position indémontable

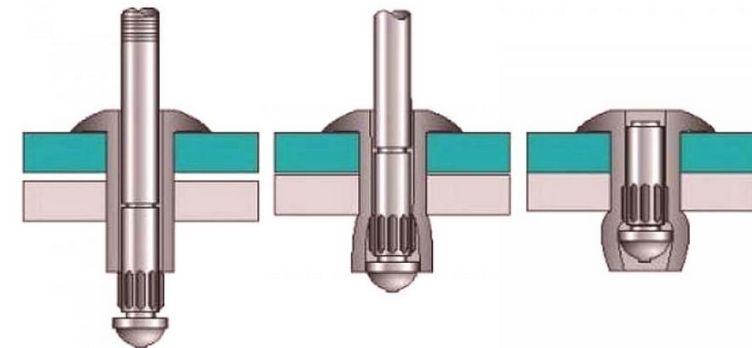
Par rivetage:



Rivet standard



Rivet aveugle



II.2 – Maintien en position indémontable

Par collage:

Le collage peut être démontable ou indémontable suivant la colle utilisée.



Freinage d'une vis.



Assemblage de deux pièces.

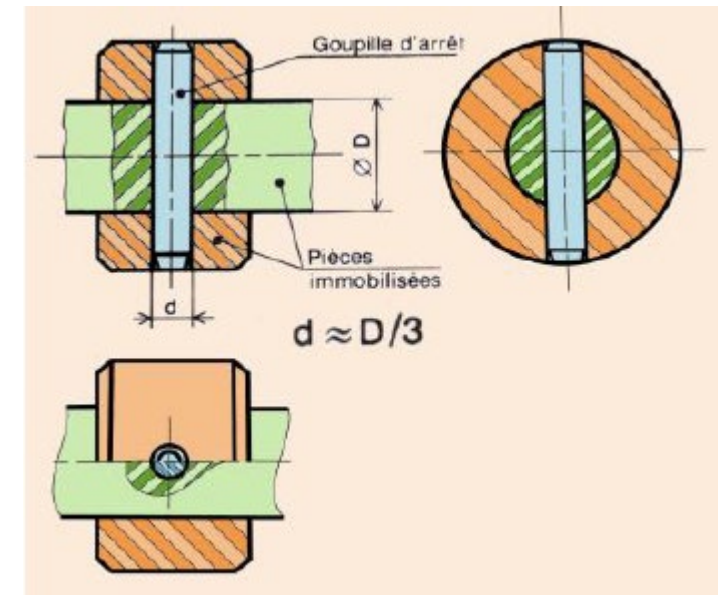
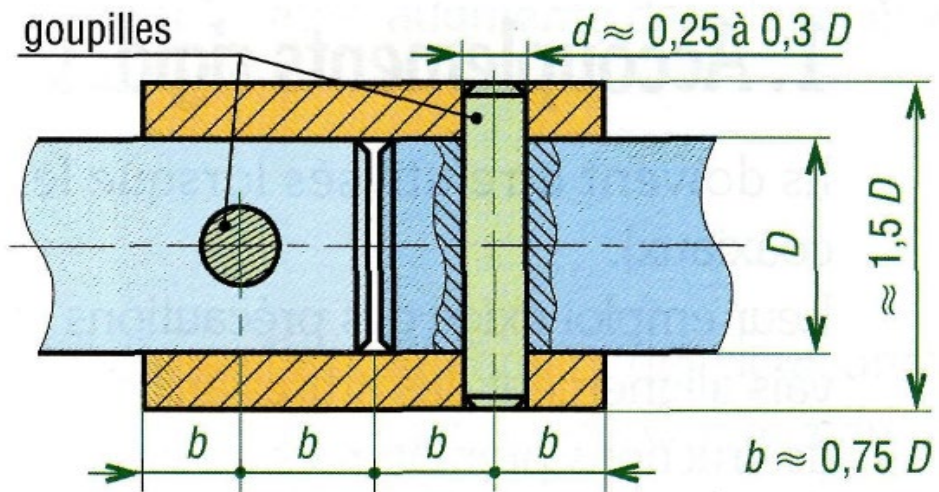


III Transmission de puissance

Les assemblages sont souvent amené à transmettre des efforts et plus particulièrement des couples.

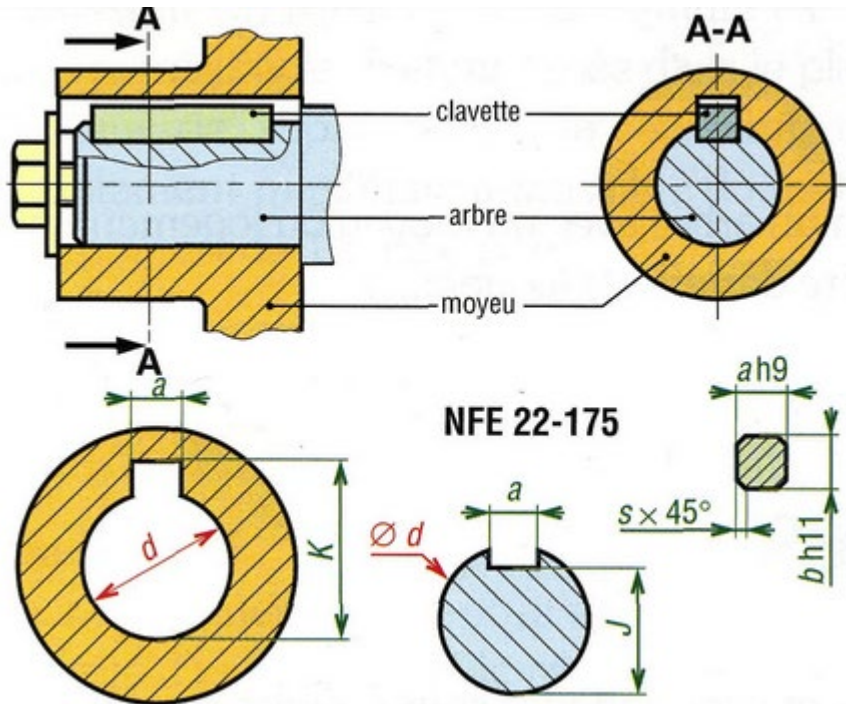
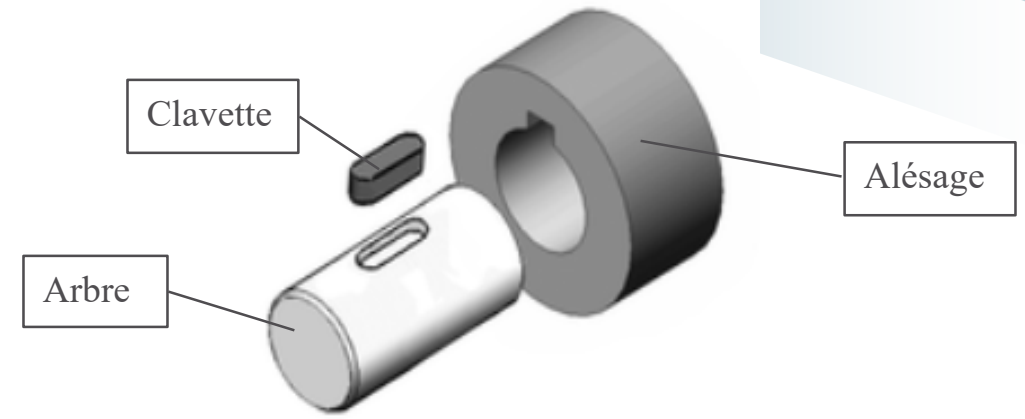
Voici trois solutions standards pour transmettre des couples par obstacle par ordre croissant de performance plus une solution par frottement.

Accouplement avec deux goupilles:

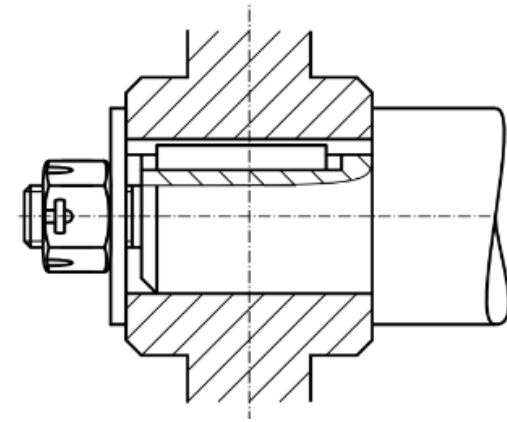


Les clavettes:

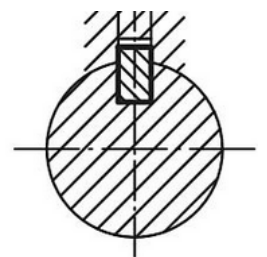
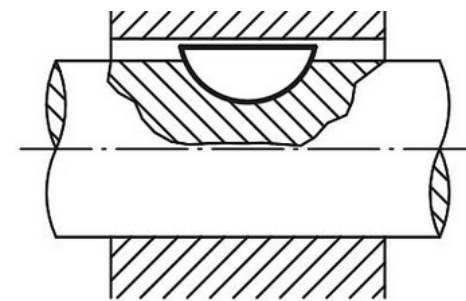
Les clavettes permettent de transmettre un couple en interposant un obstacle (la clavette) entre l'arbre et l'alésage.



Clavette parallèle

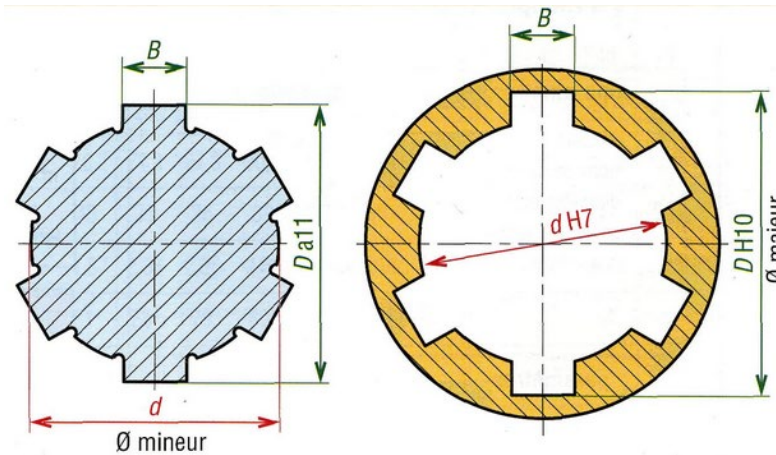
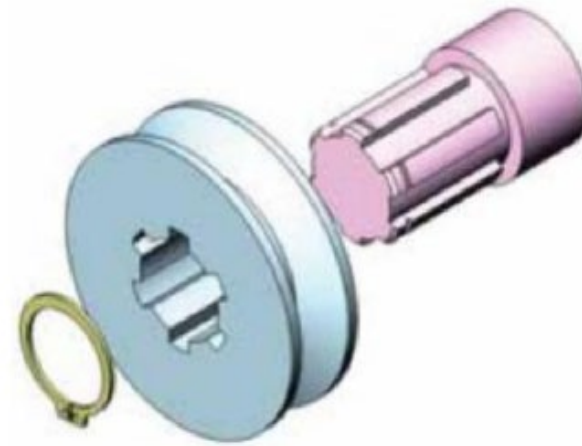


Clavette disque



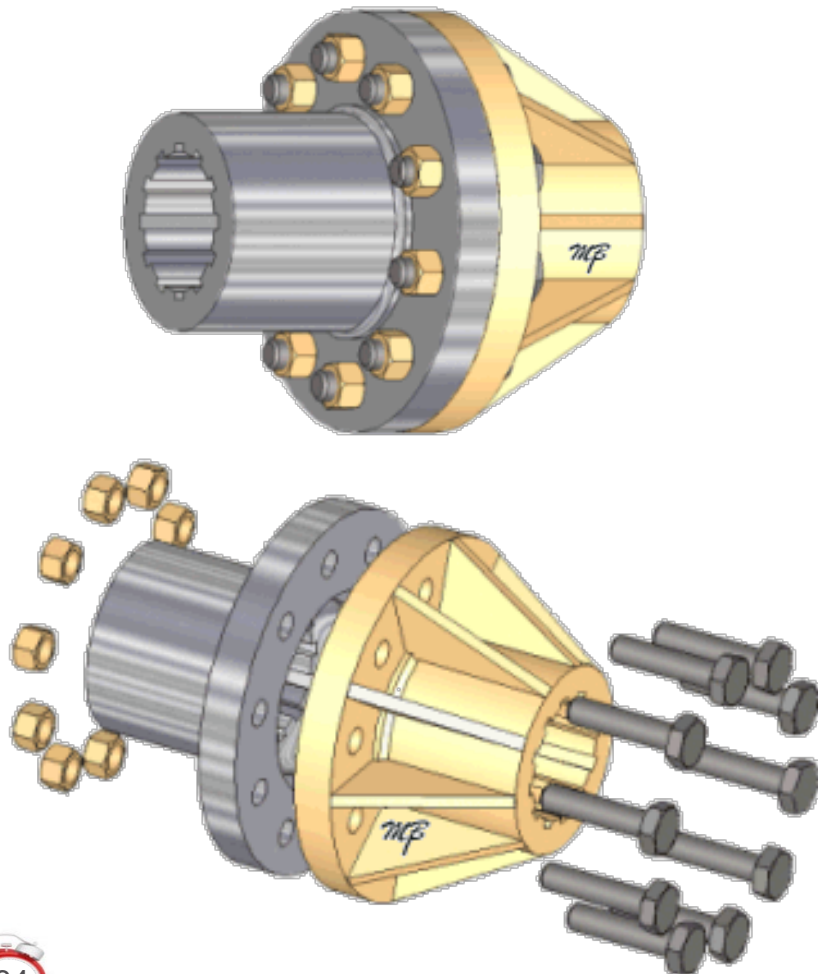
Les cannelures:

Les cannelures permettent de multiplier les surfaces de contact, le couple transmis est proportionnel à ces surfaces.



Transmission par frottement:

En utilisant une surface plane.



Les vis sont utilisées pour plaquer les surfaces entre elles, c'est le frottement entre les surfaces qui transmet le couple.

En utilisant une surface cylindrique.





Fin

