

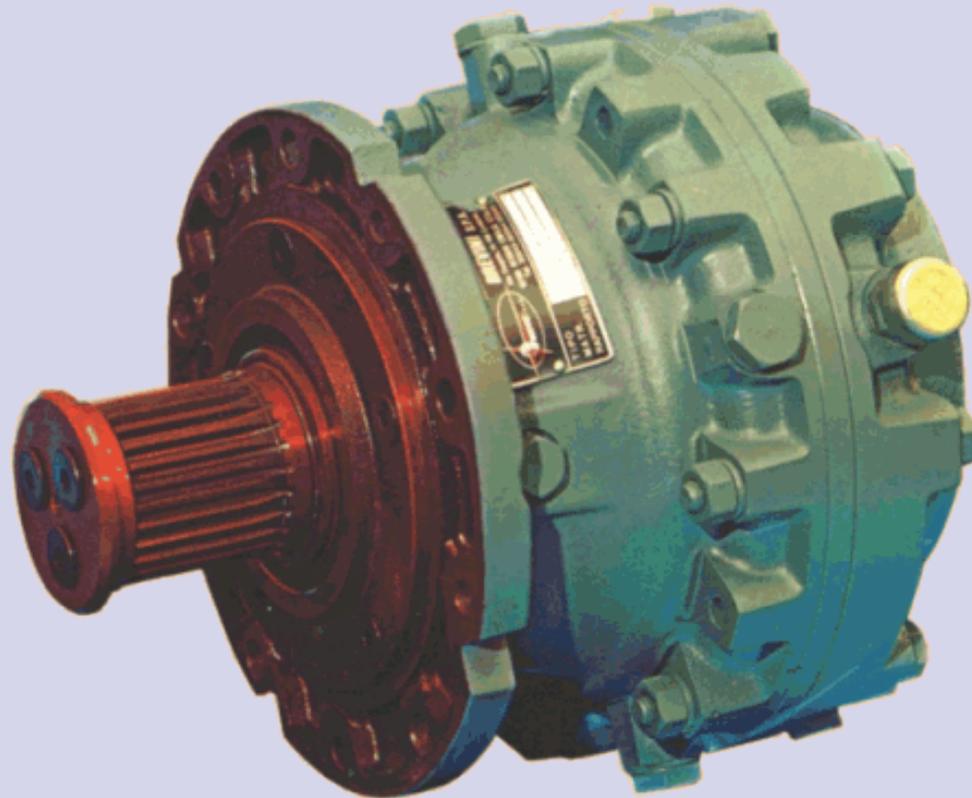
Construction des Liaisons





PREAMBULE

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.





RAPPELS

Les pièces possèdent dans l'espace 6 degrés de liberté :

□ 3 Translations

T_x

T_y

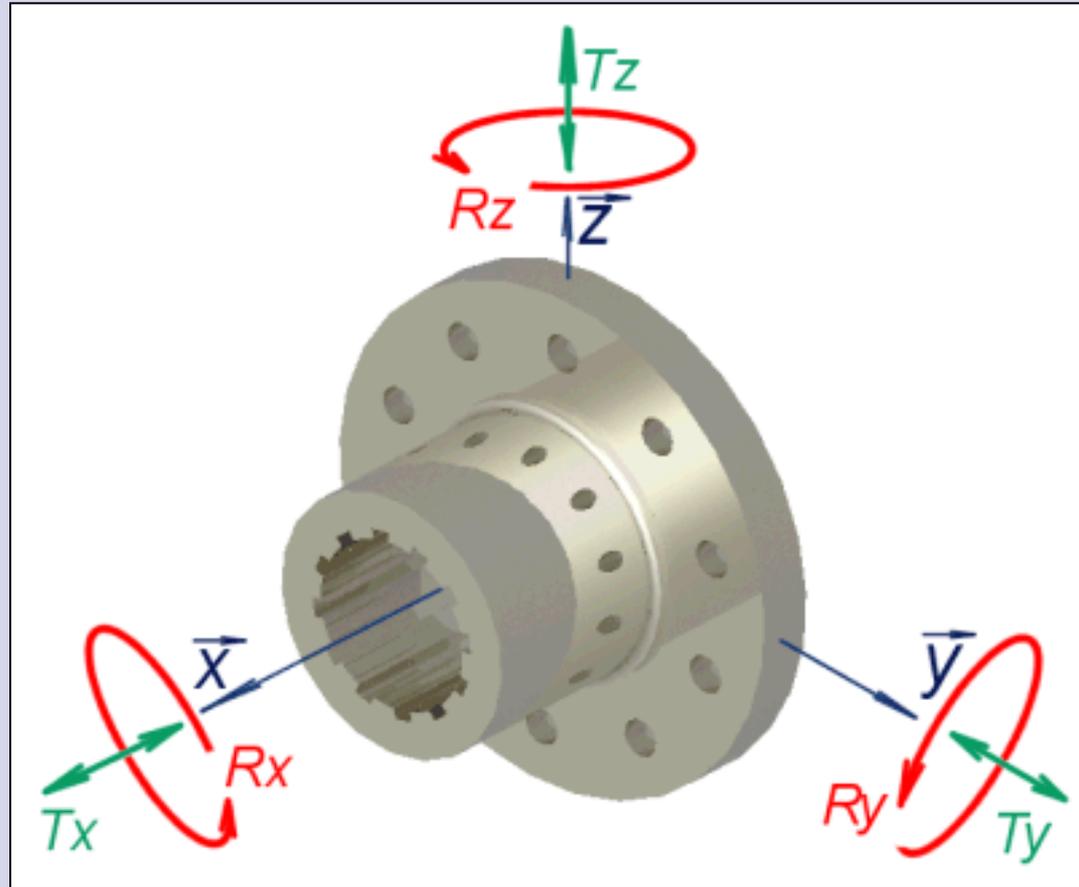
T_z

□ 3 Rotations

R_x

R_y

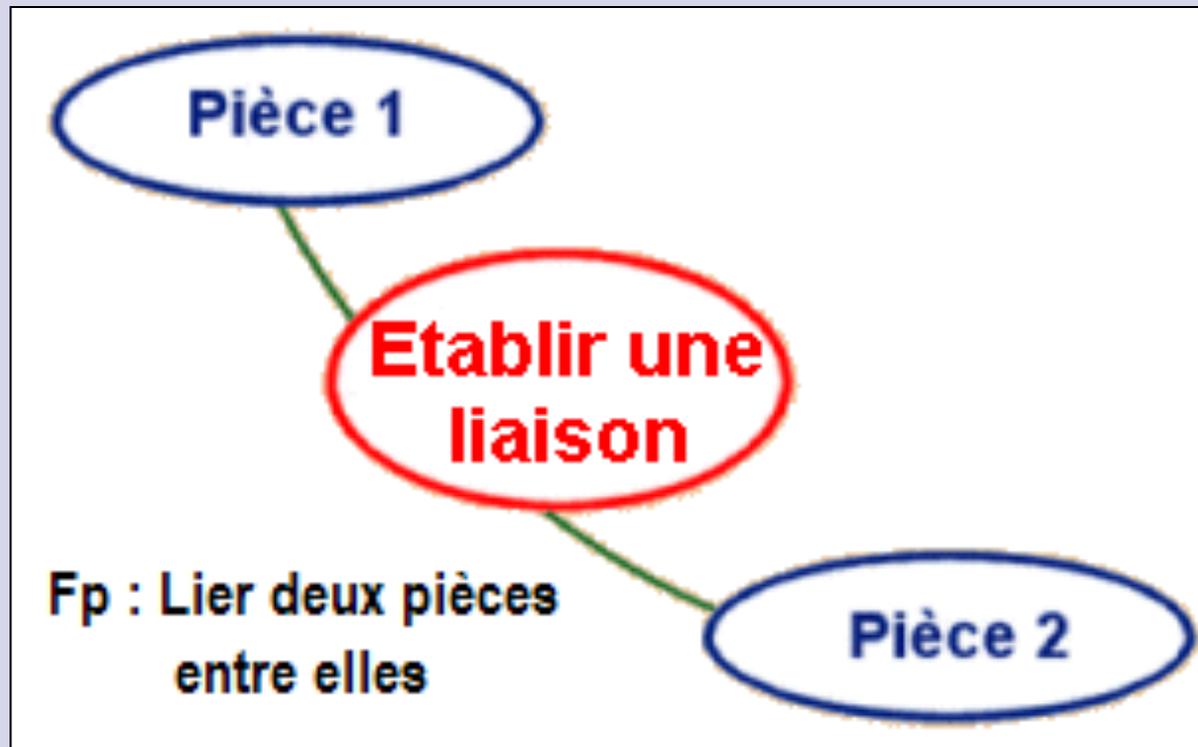
R_z





Qu'est-ce qu'établir une liaison ?

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**.

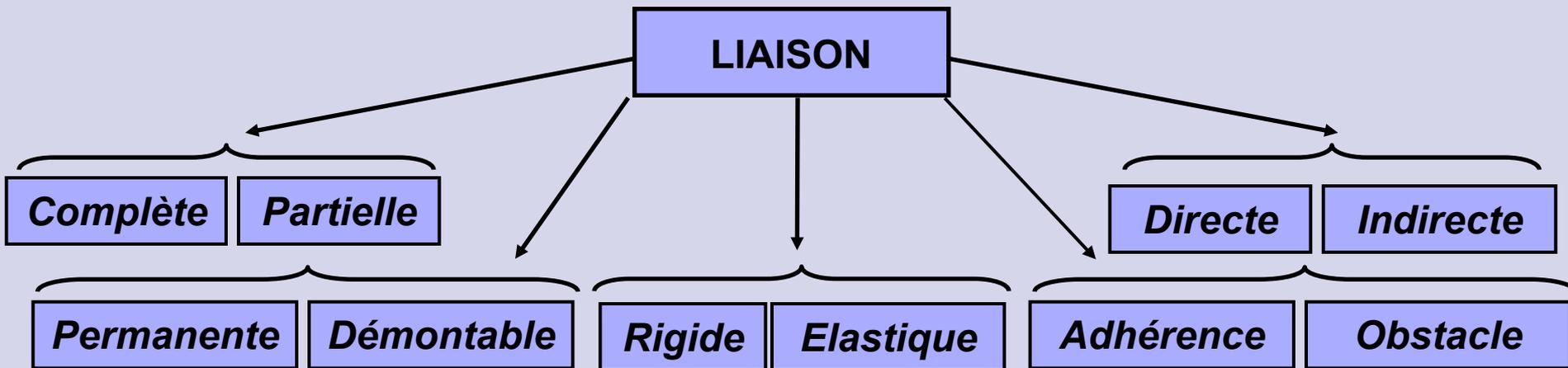




Caractérisation d'une liaison

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.



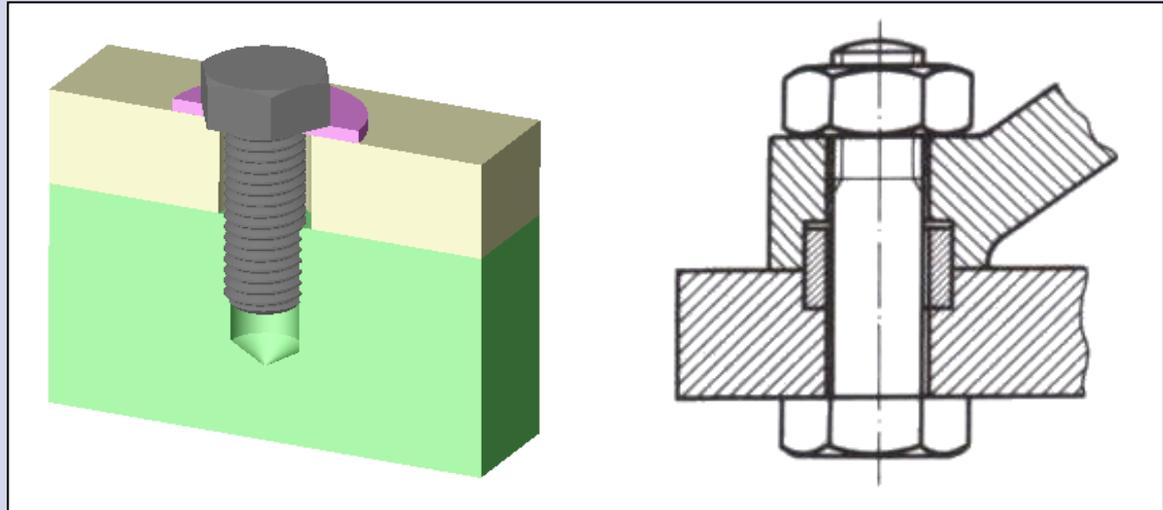


Liaison complète ou partielle

Liaison **complète**



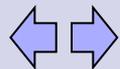
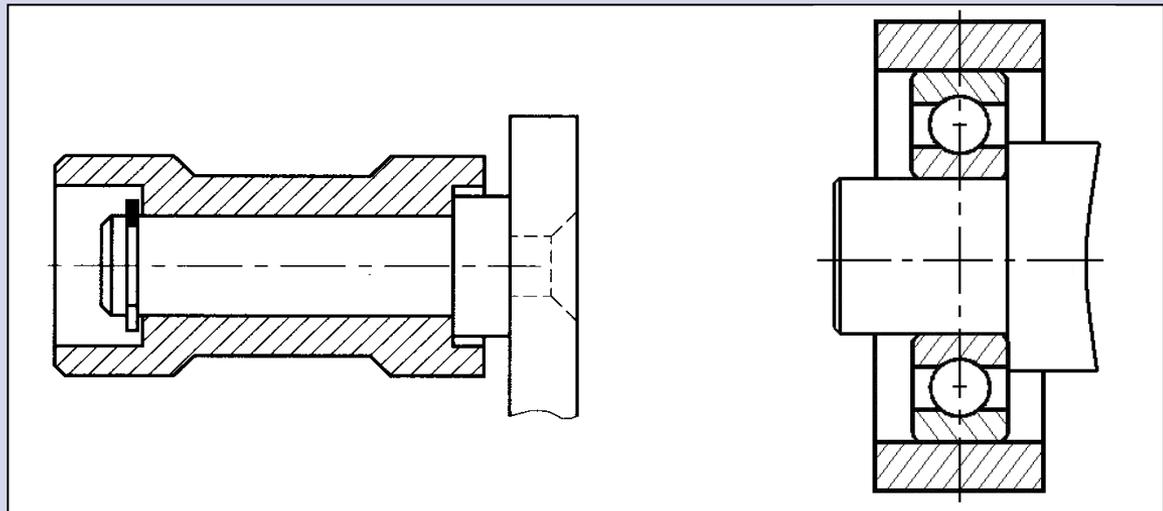
suppression de tous les degrés de liberté.



Liaison **partielle**



suppression d' au moins un degré de liberté et au plus cinq degrés de liberté.

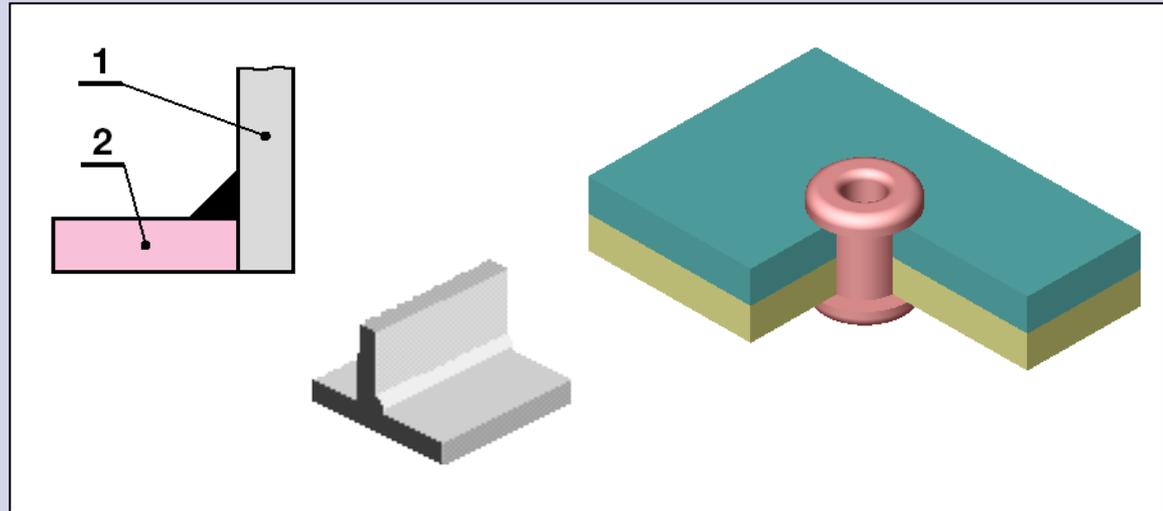


Liaison permanente ou démontable

Liaison permanente



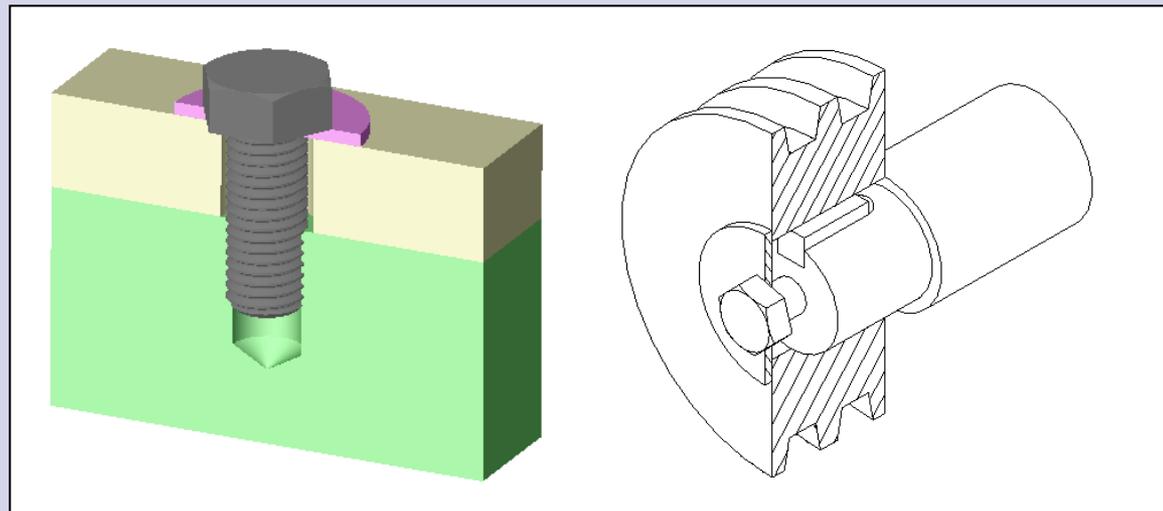
Les 2 pièces ne peuvent pas être désolidarisées sans destruction.



Liaison démontable



Les 2 pièces peuvent être désolidarisées sans dommage.



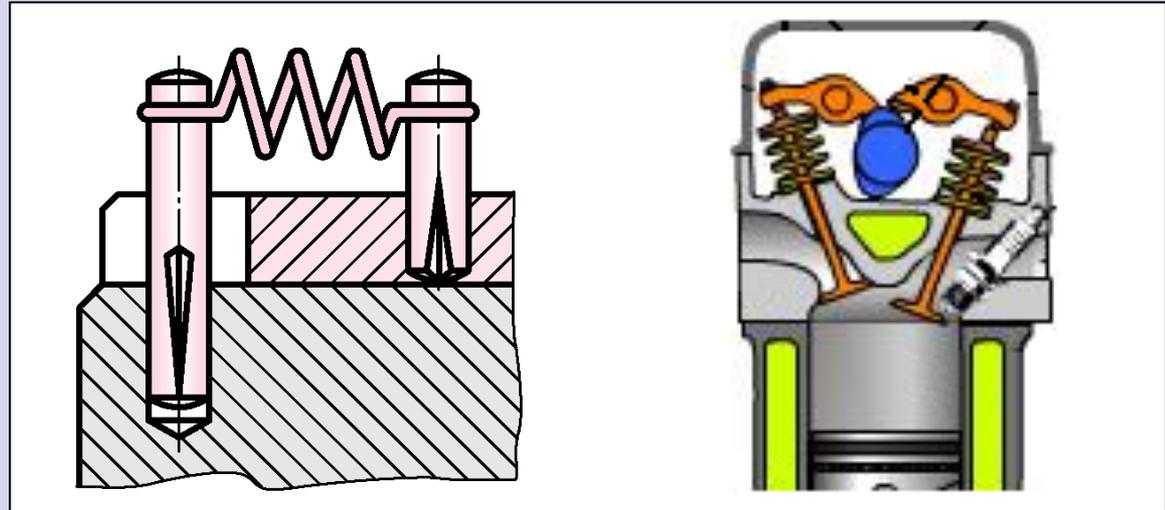


Liaison élastique ou rigide

Liaison élastique



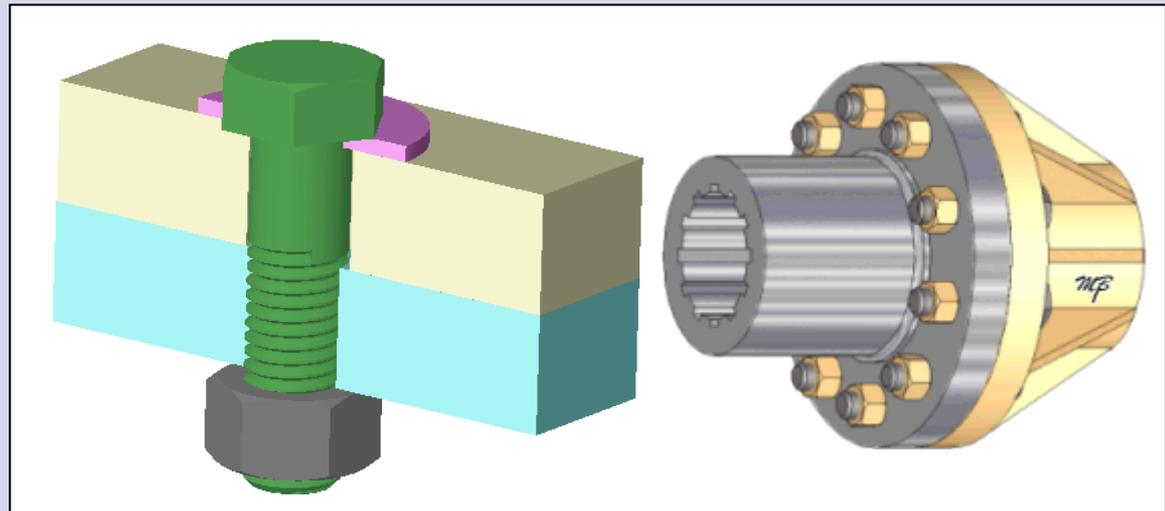
La variation de position entre les deux pièces est possible.



Liaison rigide



La variation de position entre les deux pièces n'est pas possible



Liaison par adhérence ou par obstacle

Liaison
par adhérence

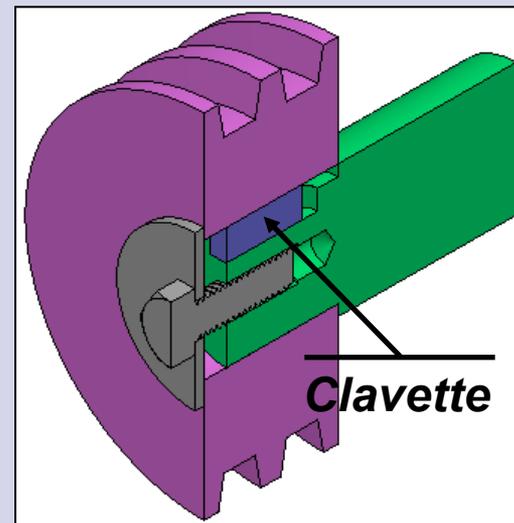
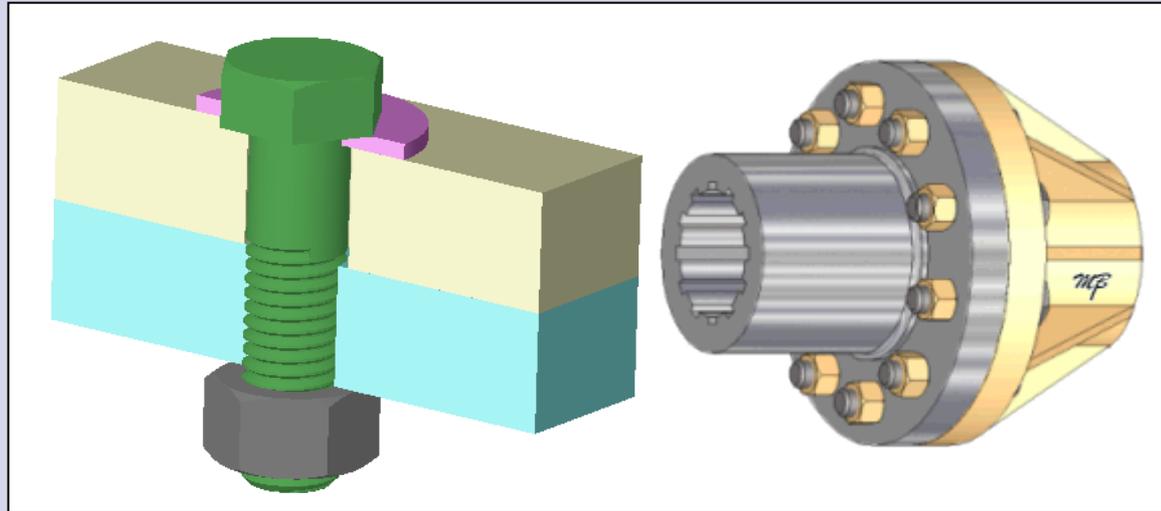


La liaison peut être rompue sans rupture d'un élément.

Liaison
par obstacle



La liaison peut être supprimée par rupture d'un élément.

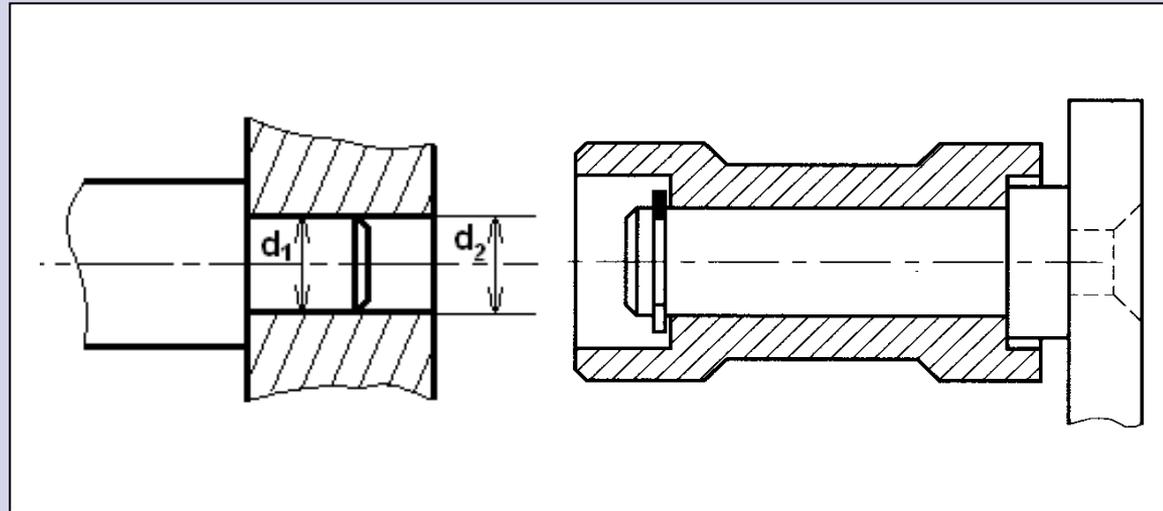


Liaison directe ou indirecte

Liaison directe



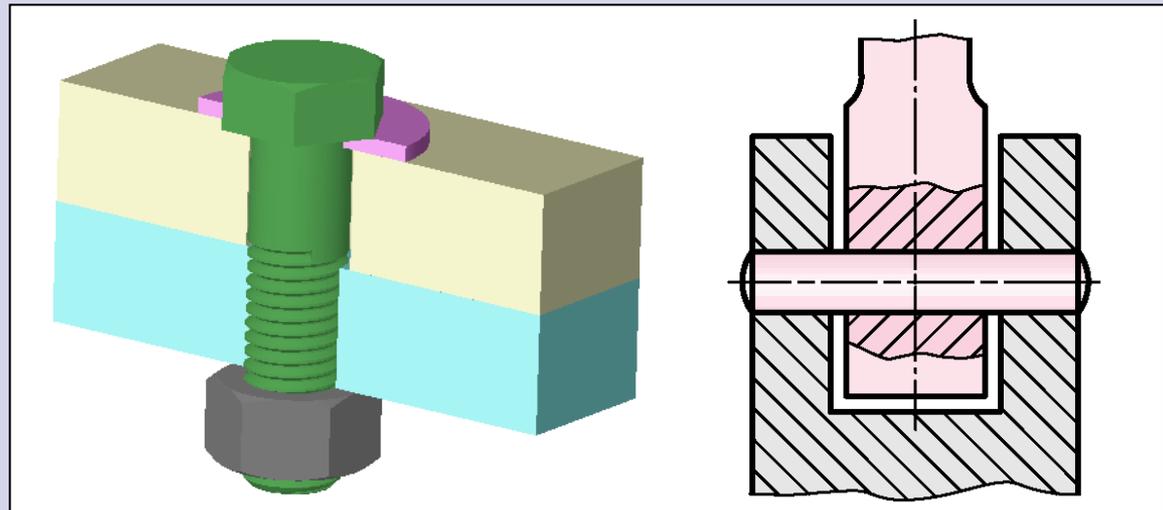
La liaison se fait sans
autre élément



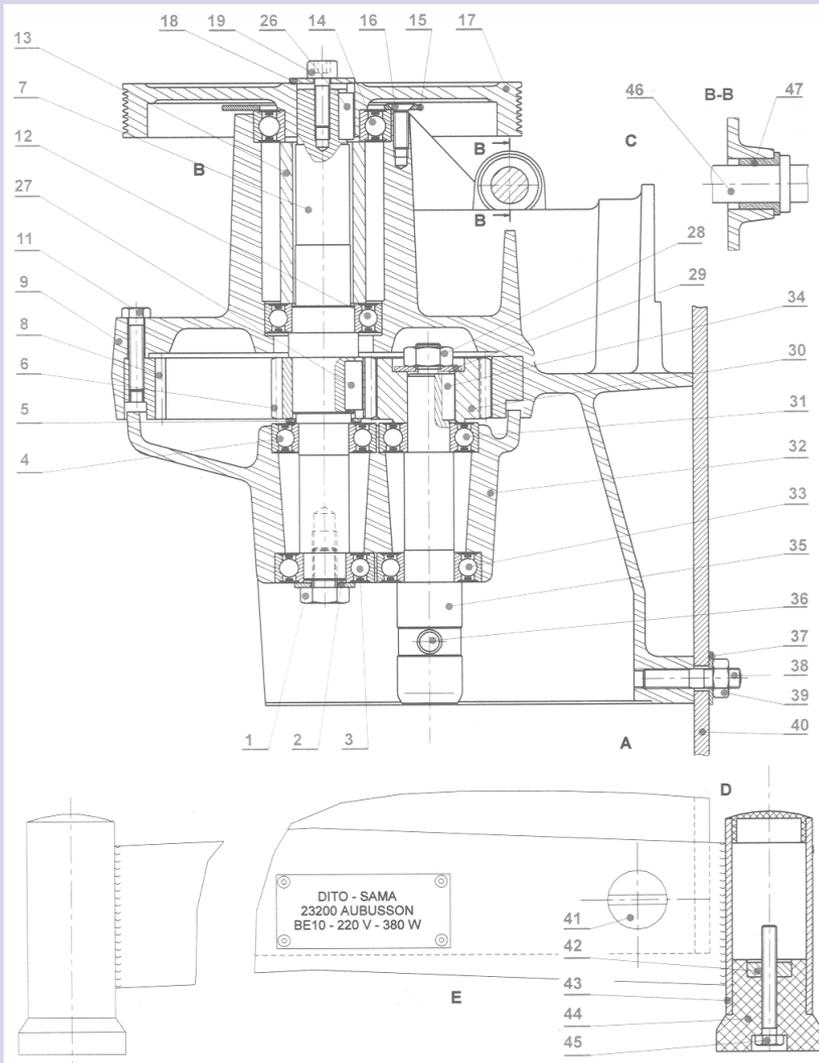
Liaison indirecte



La liaison se fait grâce à
d'autres éléments



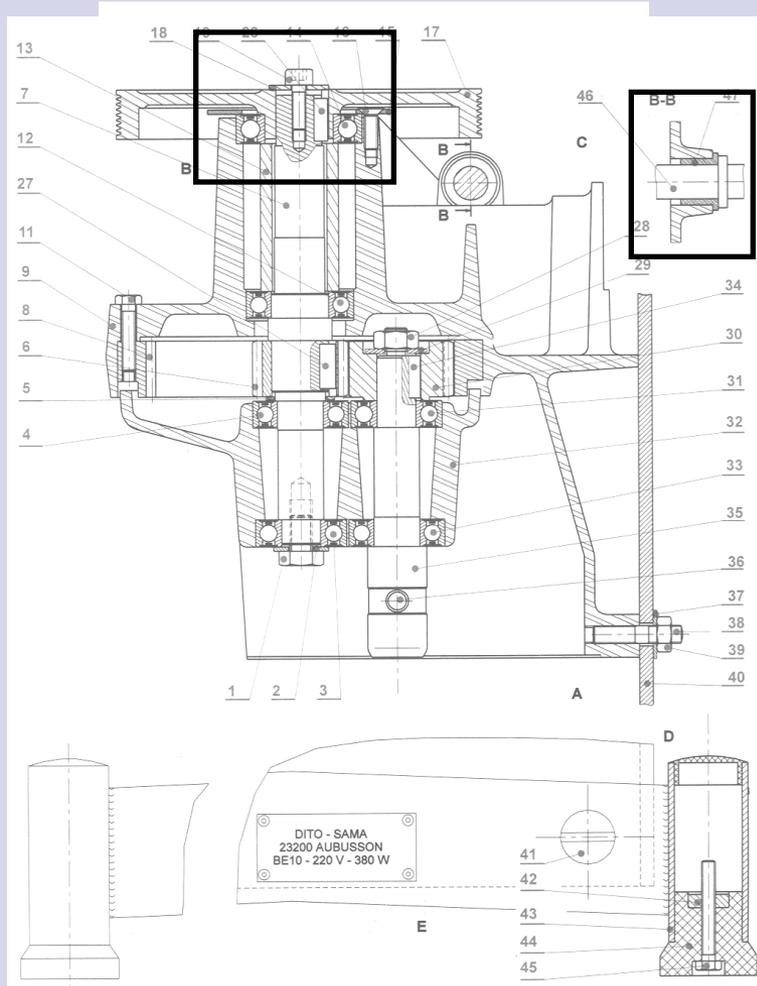
Exercice d'application : Batteur mélangeur





Exercice d'application : Batteur mélangeur

1^{ère} liaison : entre la poulie 17 et l'arbre 7



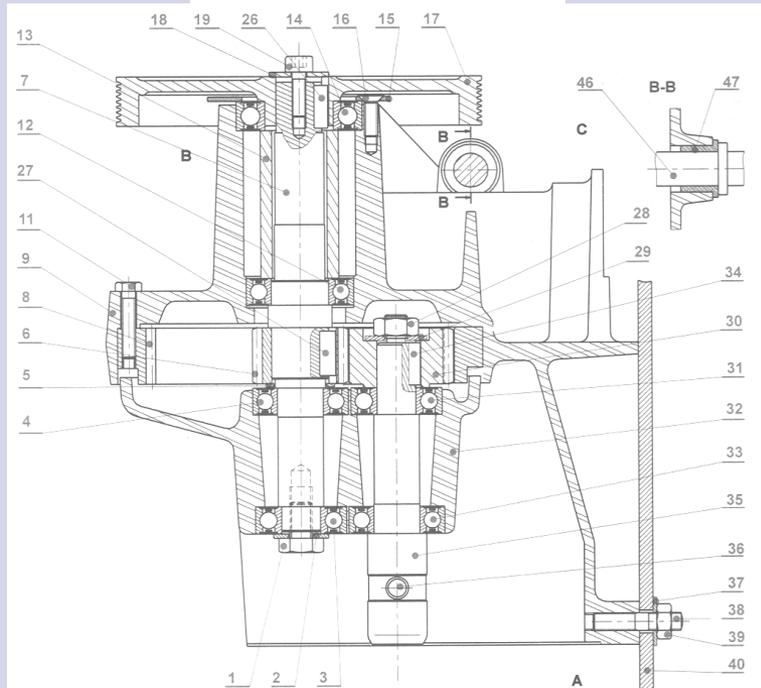
Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Pas de M ^{vts} possibles	Grâce à la vis 19	Pas de variation de position possible	A cause des pièces 18, 19 et 26

2^{ème} liaison : coussinet 47 et le corps 9

Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Pas de M ^{vts} possibles	A cause de l'ajustement H7m6	Pas de variation de position possible	Pas de pièces entre 47 et 9

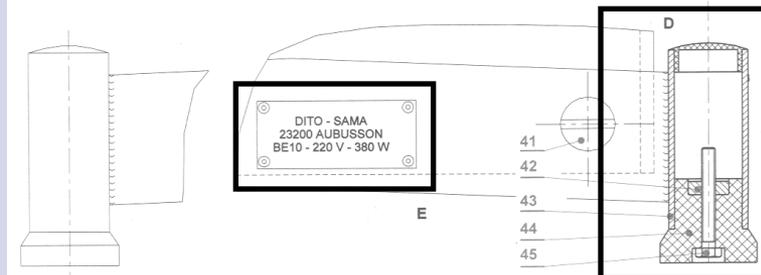
Exercice d'application : Batteur mélangeur

3^{ème} liaison : pied 43 et la traverse 50



Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Pas de M^{vts} possibles	A cause du cordon de soudure	Pas de variation de position possible	Aucune pièce entre 43 et 50

4^{ème} liaison : plaque 48 et la traverse 50

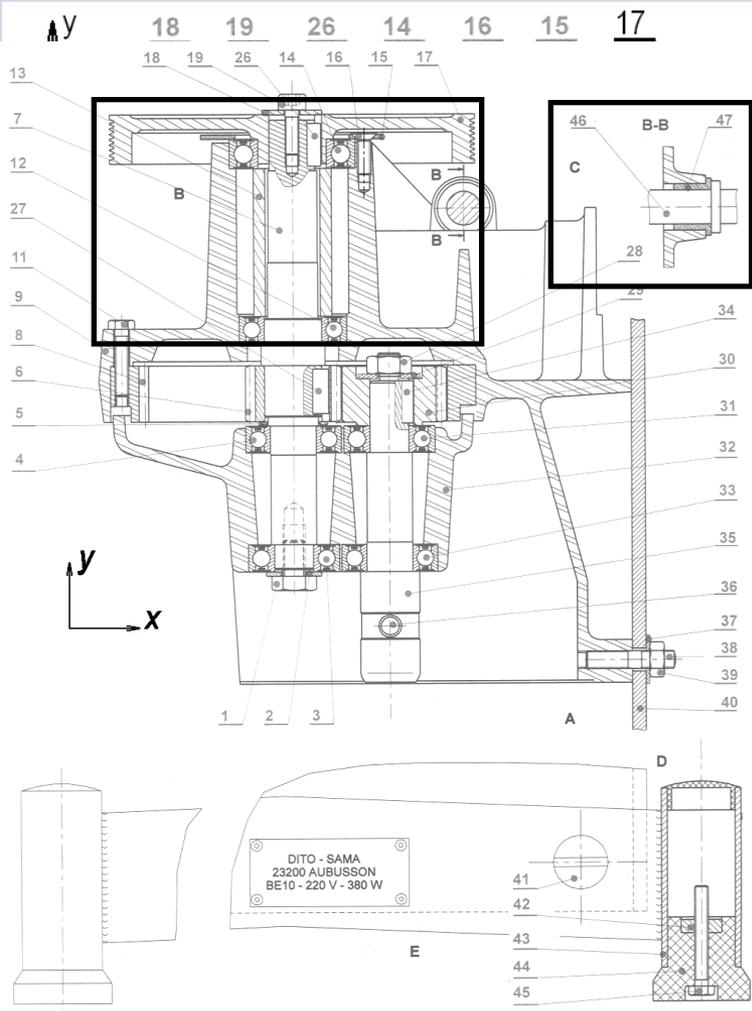


Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Pas de M^{vts} possibles	A cause des rivets 49	Pas de variation de position possible	A cause des rivets 49



Exercice d'application : Batteur mélangeur

5^{ème} liaison : Poulie 17 et le carter 9



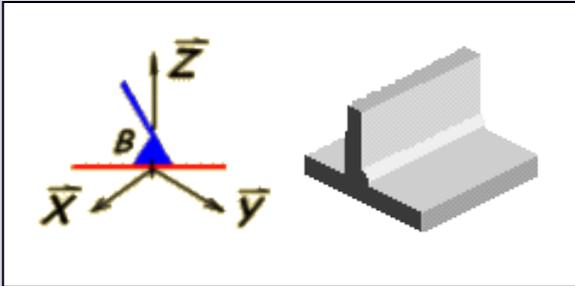
Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Rotation possible autour de l'axe y.	A cause des roulements 12 et 14	Pas de variation de position possible	A cause des pièces 12, et 14

6^{ème} liaison : Axe 46 et le coussinet 47

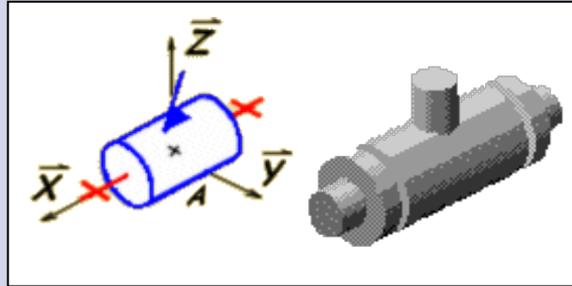
Complète	Permanente	Elastique	Directe
Partielle	Démontable	Rigide	Indirecte
Rotation possible autour de l'axe z	A cause de l'ajustement glissant H7g6	Pas de variation de position possible	Aucune pièce entre 46 et 47

Liaisons les plus fréquentes

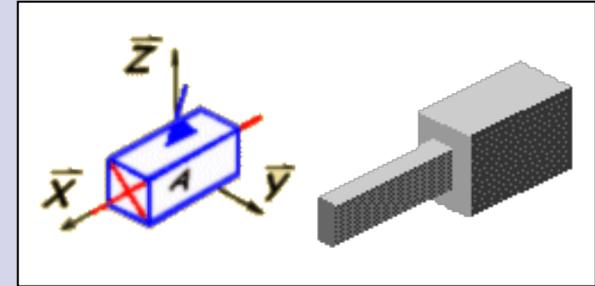
✓ liaison encastrement



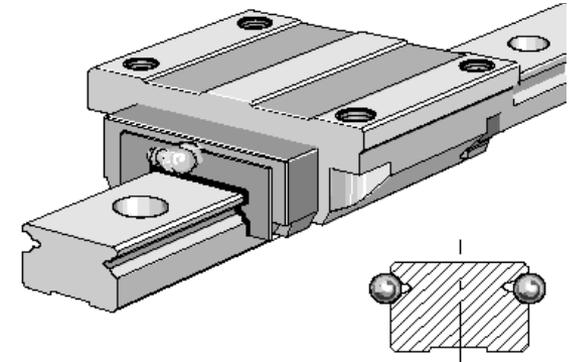
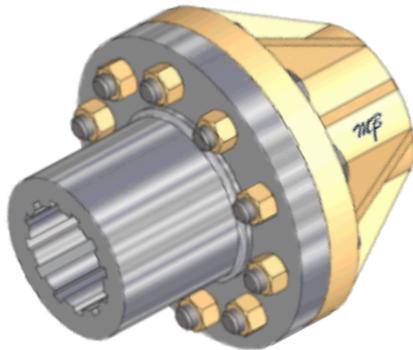
✓ liaison pivot



✓ liaison glissière

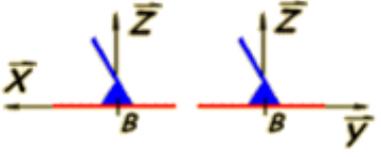
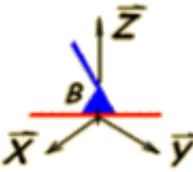
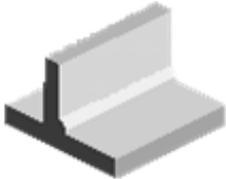


Exemple de solutions

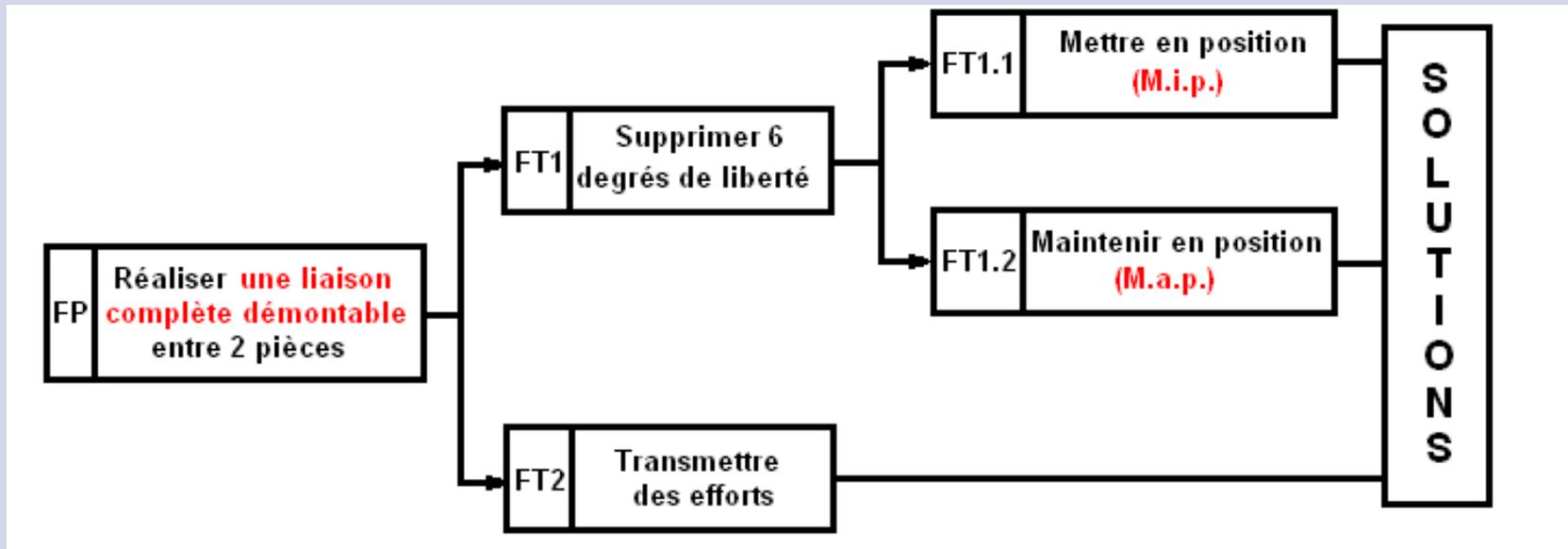


Liaison Encastrement : Préambule

Une liaison encastrement interdit tous les degrés de liberté :

Liaison encastrement de centre B	Représentation plane	Représentation spatiale	Degrés de liberté		Visualisation
			Translation	Rotation	
			0	0	
			0	0	
			0	0	

Analyse fonctionnelle d'une liaison encastrement :

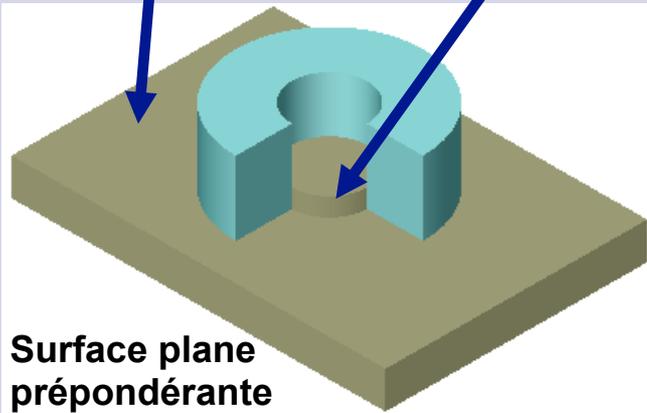




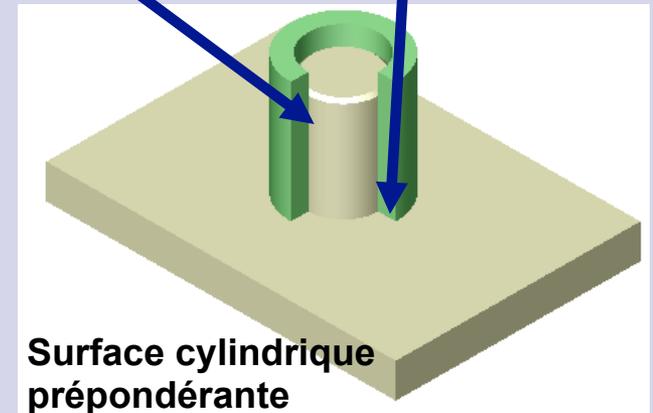
Mettre en position M.i.p.

Il existe 3 principaux types de mise en position :

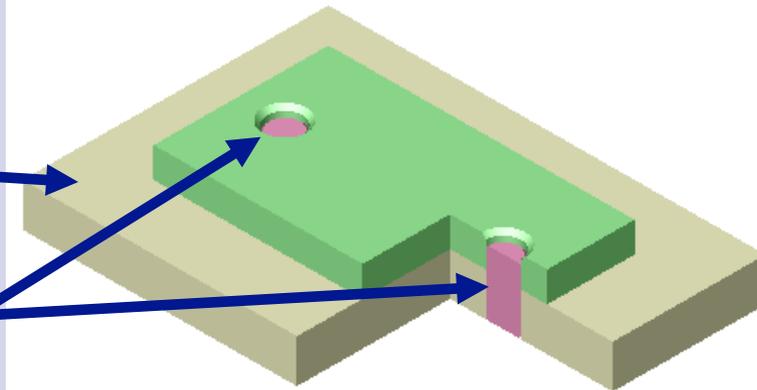
Appui plan + centrage court



Centrage long + butée



Appui plan
+ pions de centrage



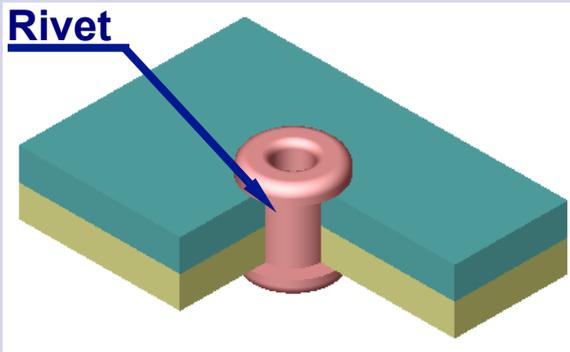
Liaison encastrement

Retour au début

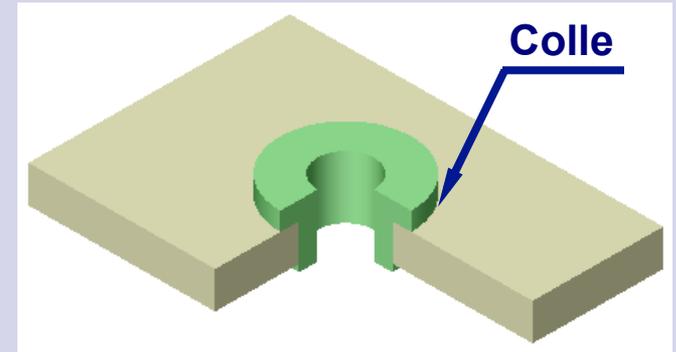


Maintenir en position M.a.p.

Les maintiens en position se scindent en 2 familles :

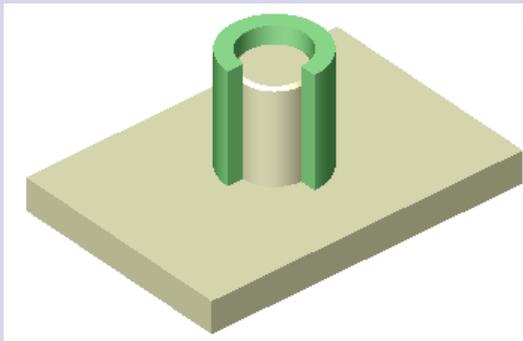


Rivetage

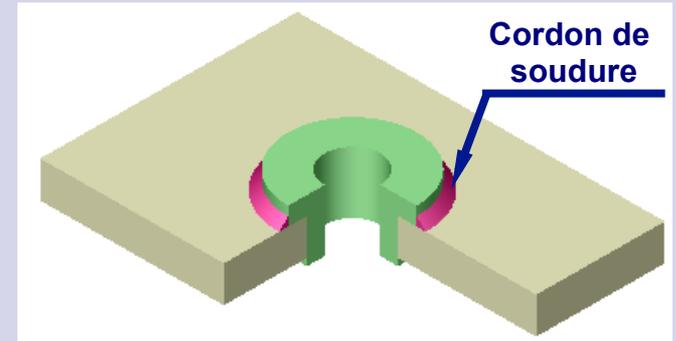


Collage

**M.A.P.
Indémontables**



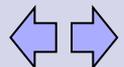
Serrage



Soudage

Liaison encastrement

Retour au début

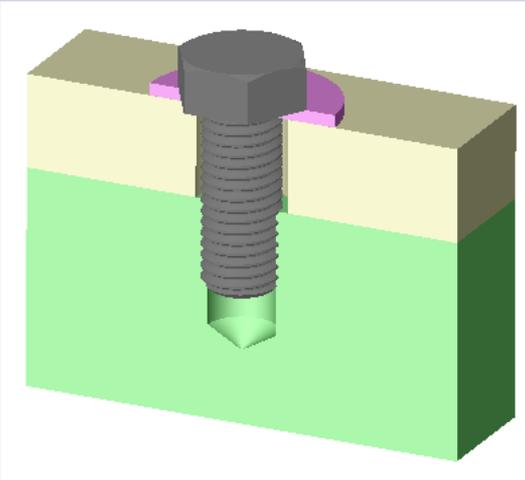


16

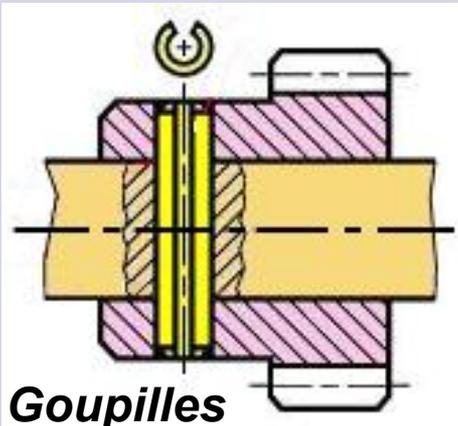


Maintenir en position M.a.p.

Les maintiens en position se scindent en 2 familles :



Éléments filetés



Goupilles

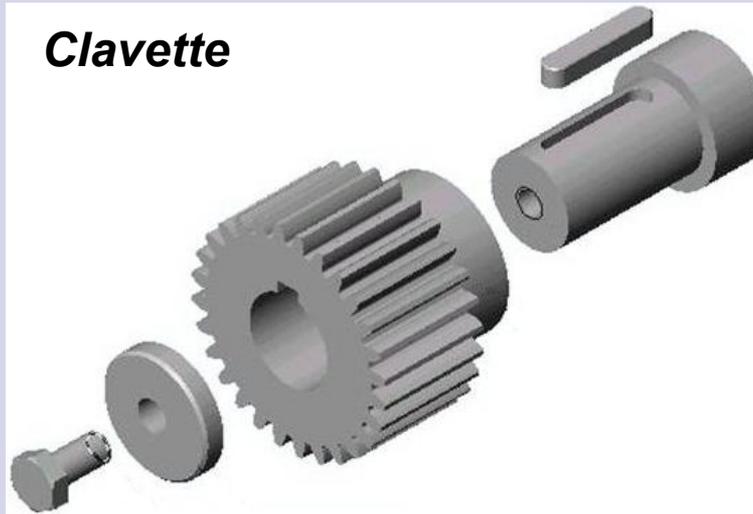
Liaison encastrement

M.A.P.
Démontables

Anneaux élastiques



Clavette

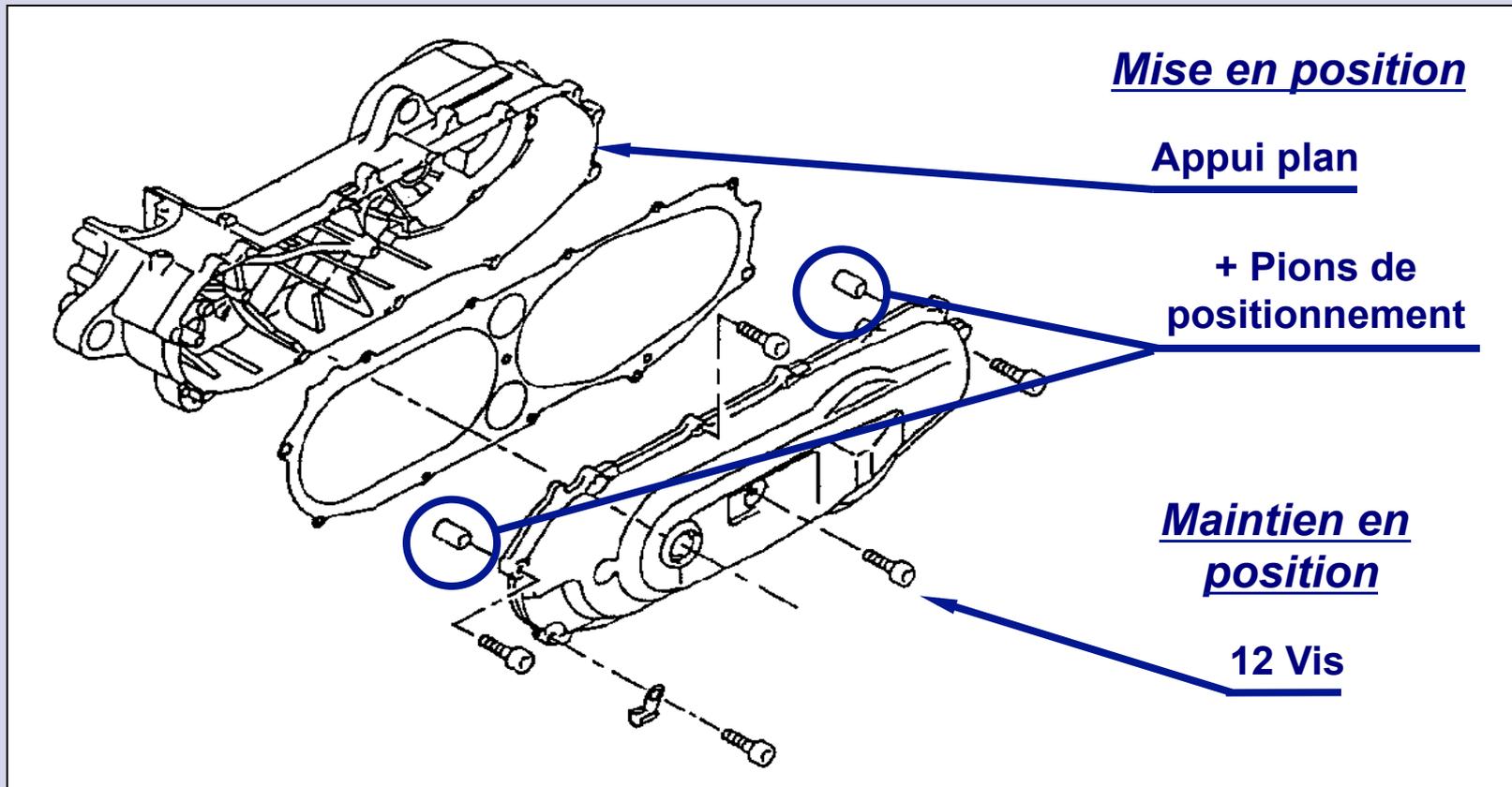


Cannelures



Exemples

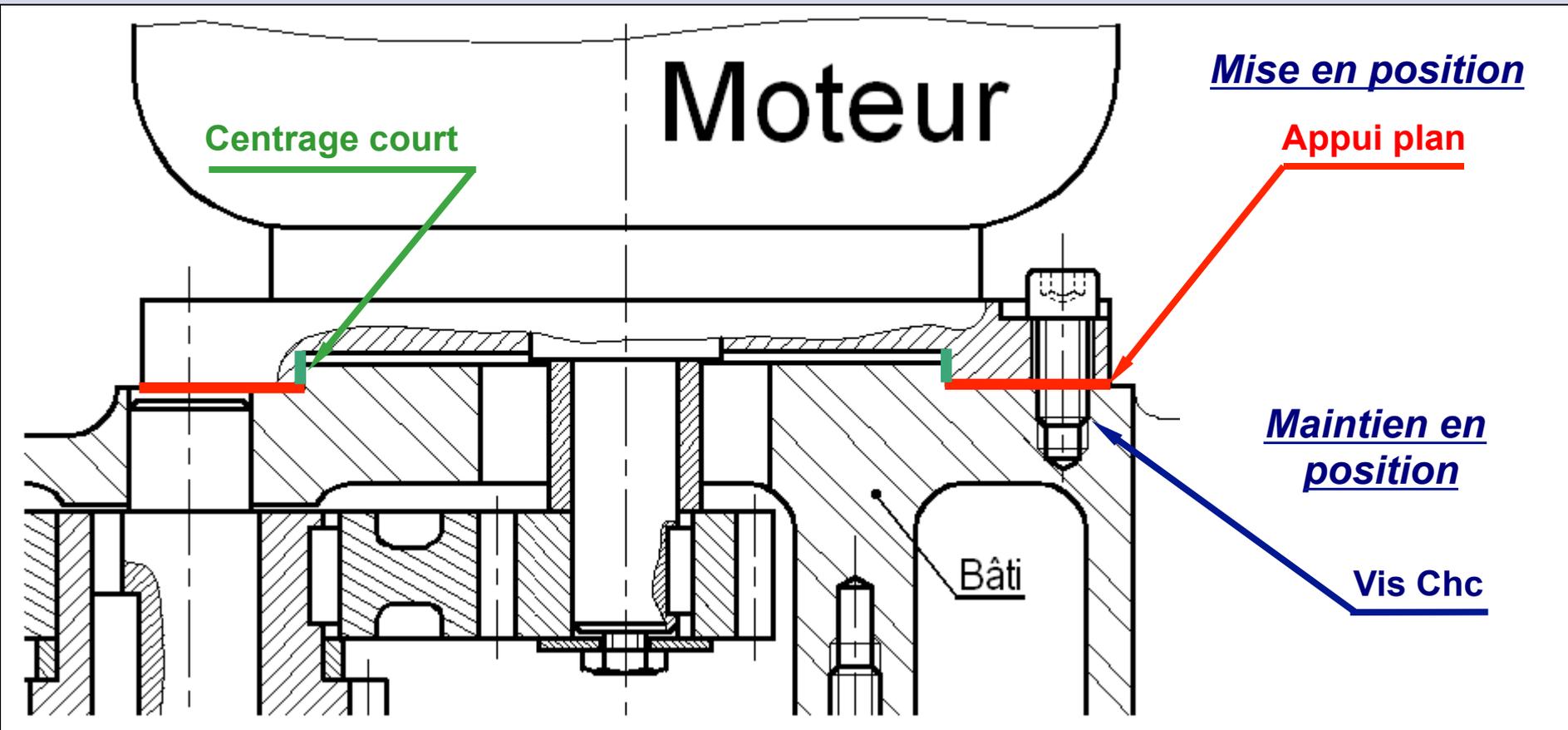
Exemple de solution constructive sur le Scooter



Exemples

Exemple de solution constructive Motoréducteur

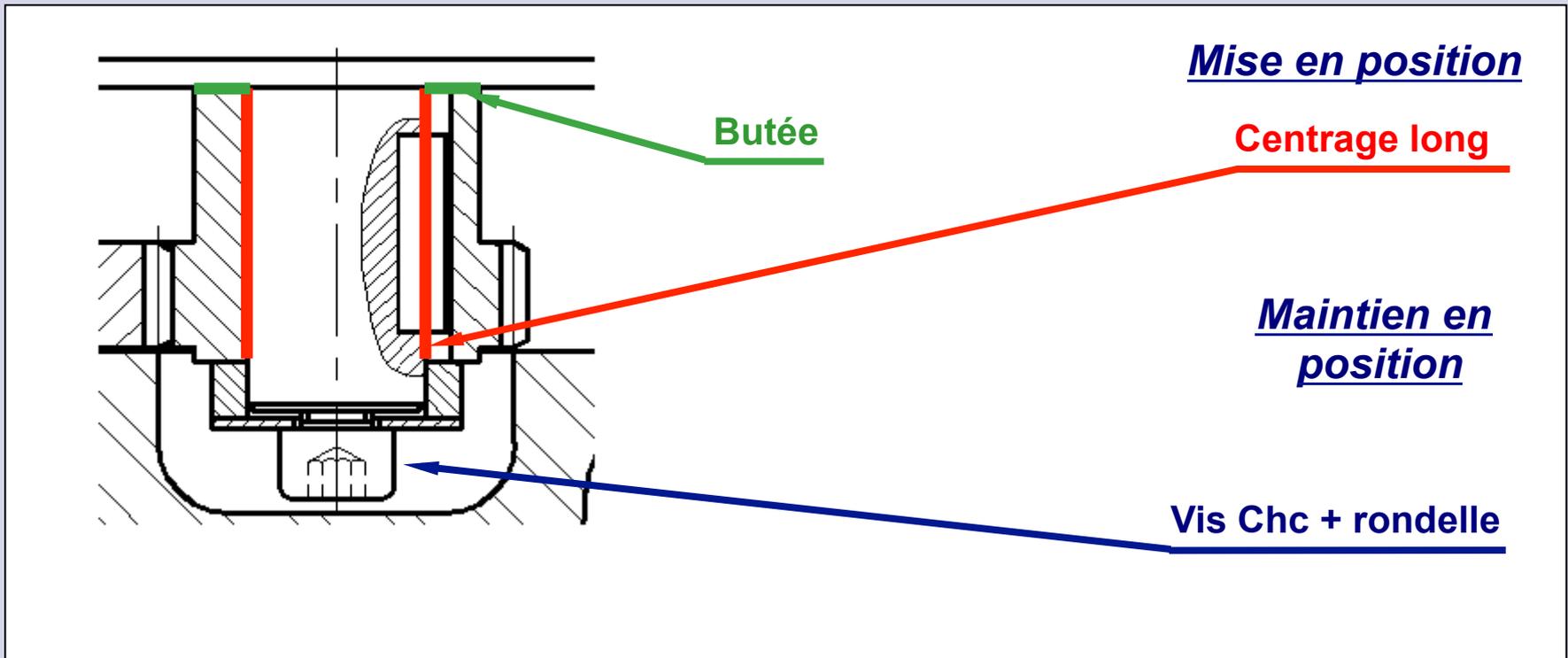
Liaison moteur/bâti



Exemples

Exemple de solution constructive Motoréducteur

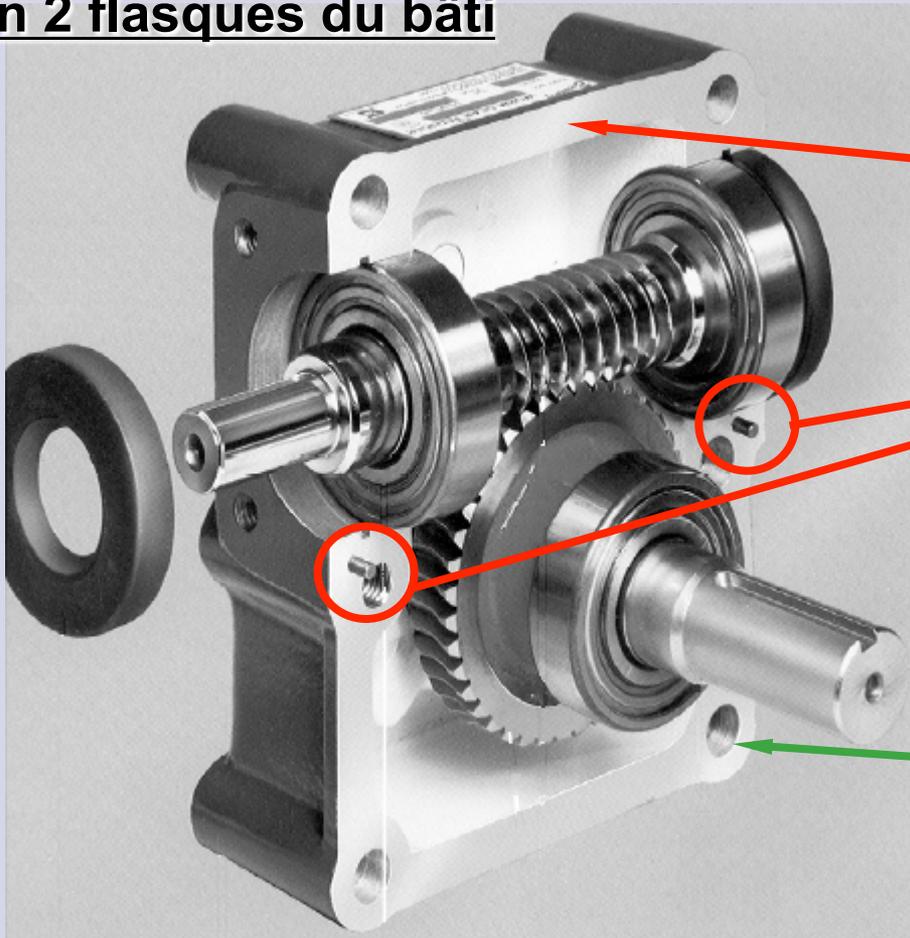
Liaison pignon/arbre moteur



Exemples

Exemple de solution constructive Motoréducteur

Liaison 2 flasques du bâti



Mise en position

Appui plan

+ Pions de positionnement

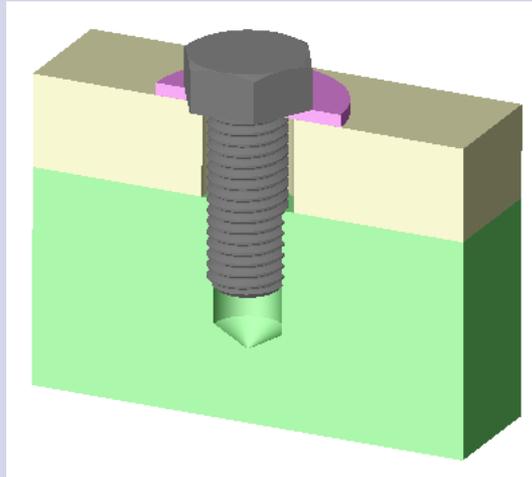
Maintien en position

Vis

Remarques 1

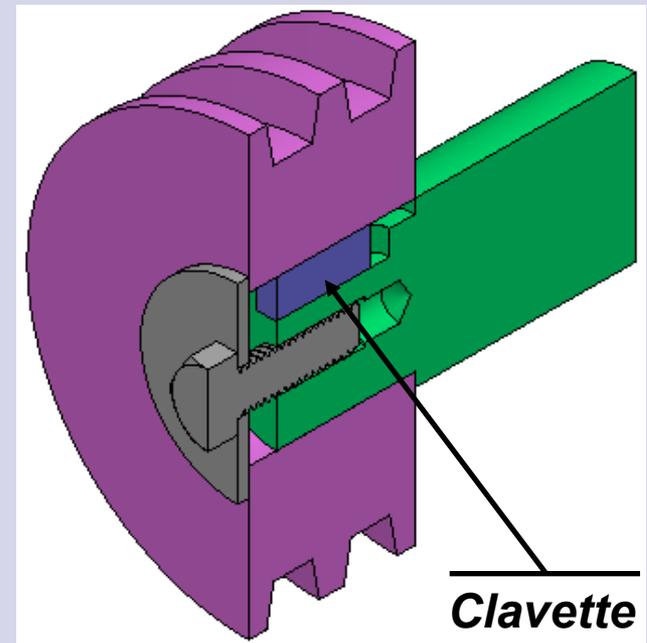
- ① Un assemblage par vissage **NE REALISE PAS** de mise en position.
- ② Le maintien en position de la liaison encastrement se fait soit :

✓ Par adhérence :



Vis

✓ Par obstacle :

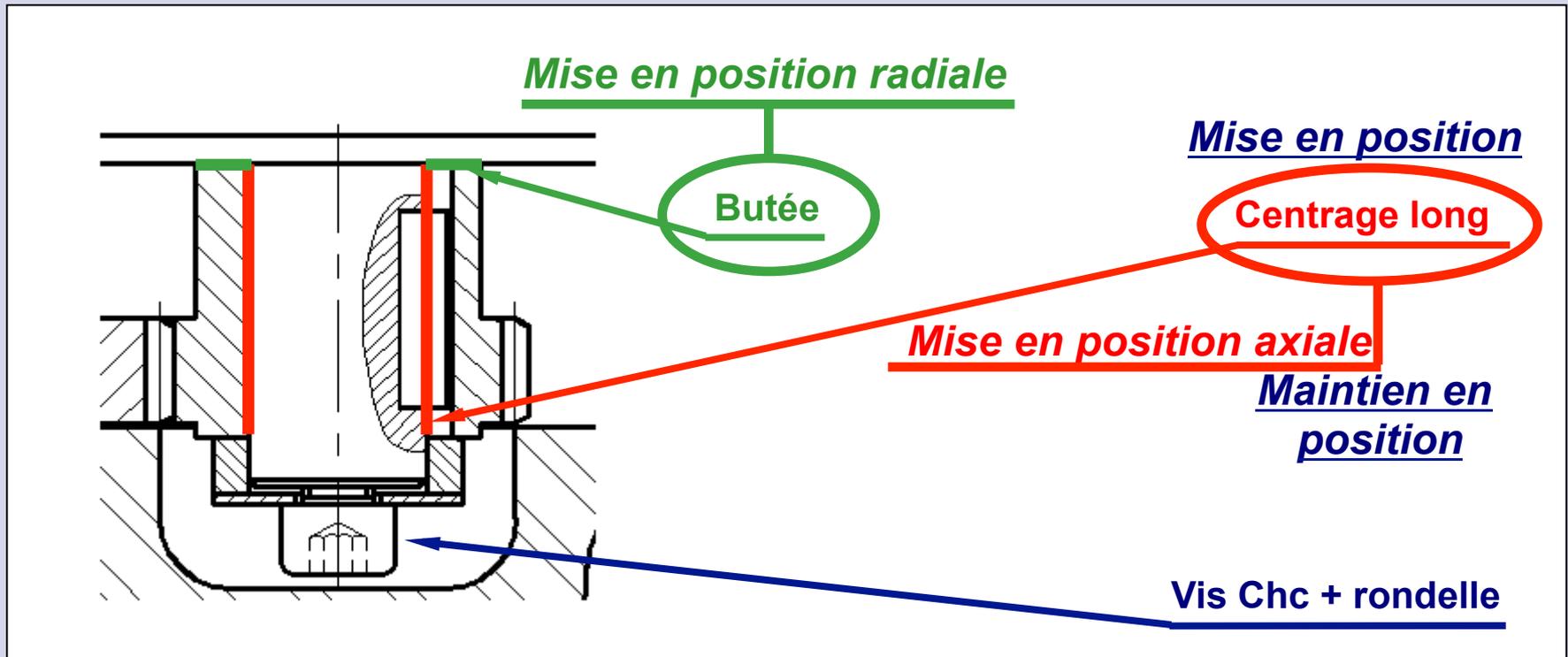


Clavette



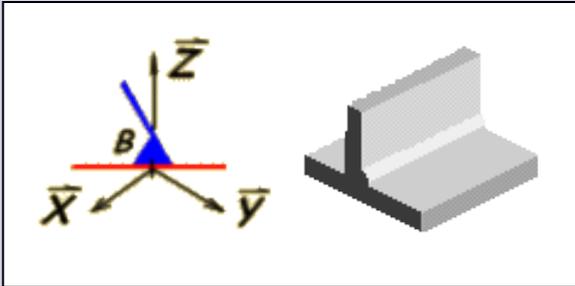
Remarques 2

On parle parfois de mise en position radiale et mise en position axiale.
Prenons un exemple pour mieux comprendre de quoi il s'agit :

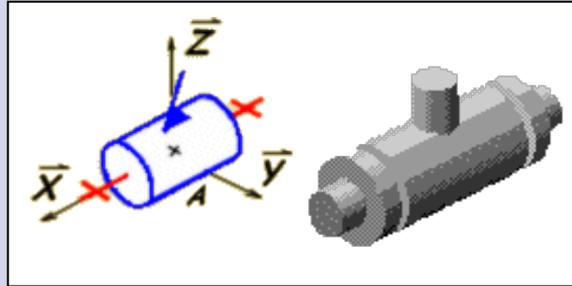


Liaisons les plus fréquentes

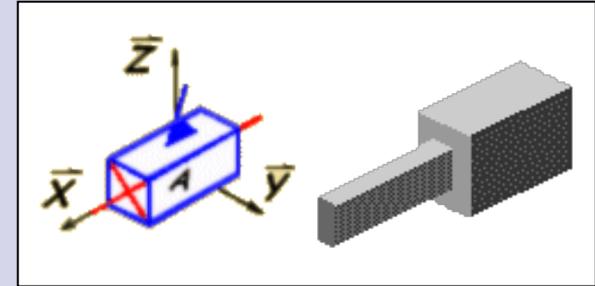
✓ liaison encastrement



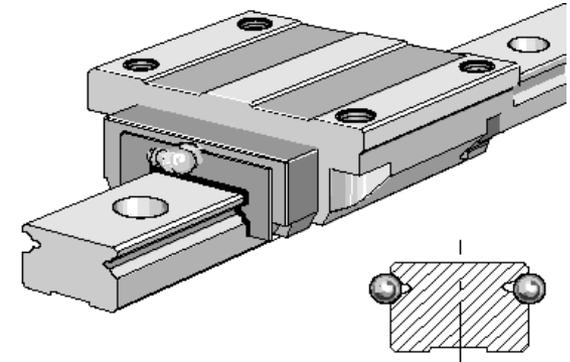
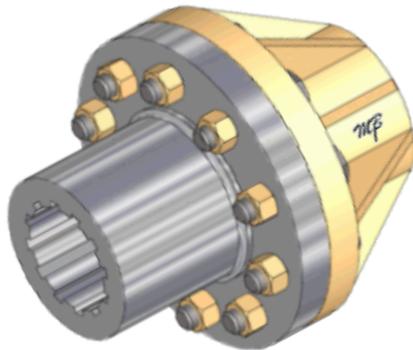
✓ liaison pivot



✓ liaison glissière

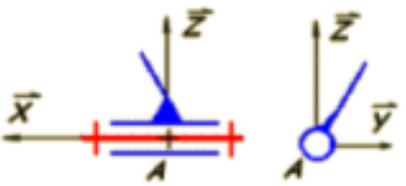
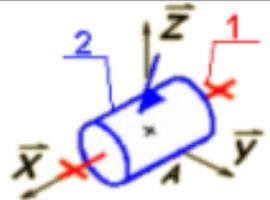


Exemple de solutions

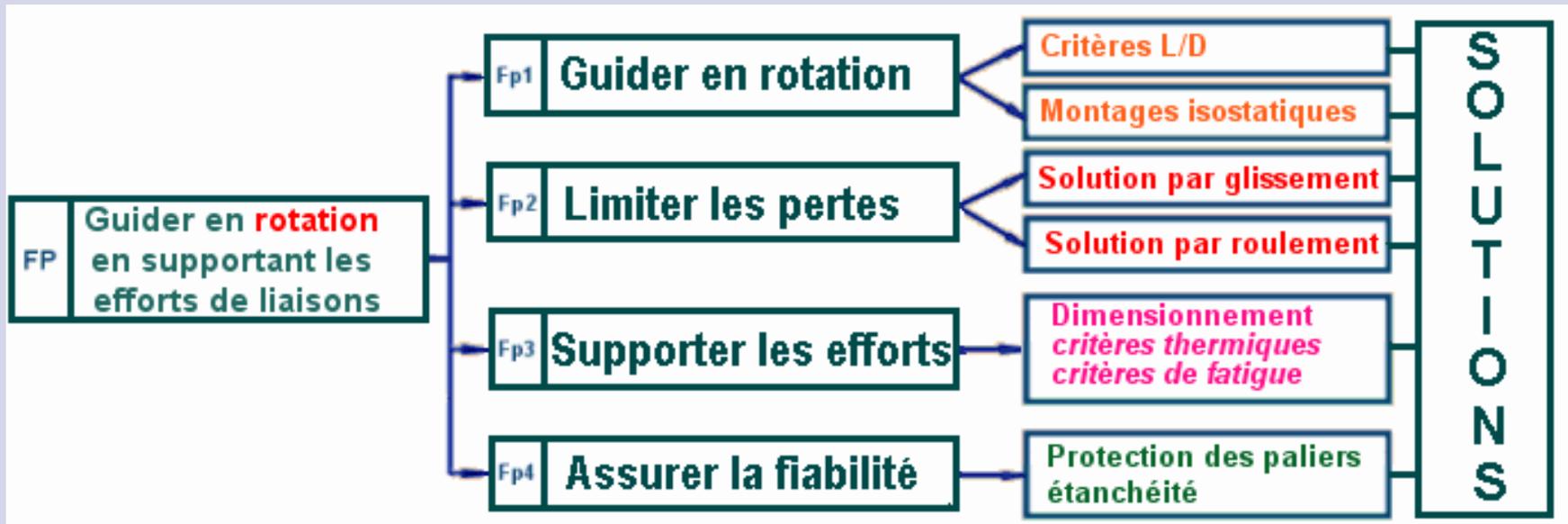


Liaison Pivot : Préambule

Une liaison pivot n' autorise qu' un degré de liberté : 1 Rotation

Liaison pivot de centre C	Représentation plane	Représentation spatiale	Degrés de liberté		Visualisation
			Translation	Rotation	
			0	1	
			0	0	
			0	0	

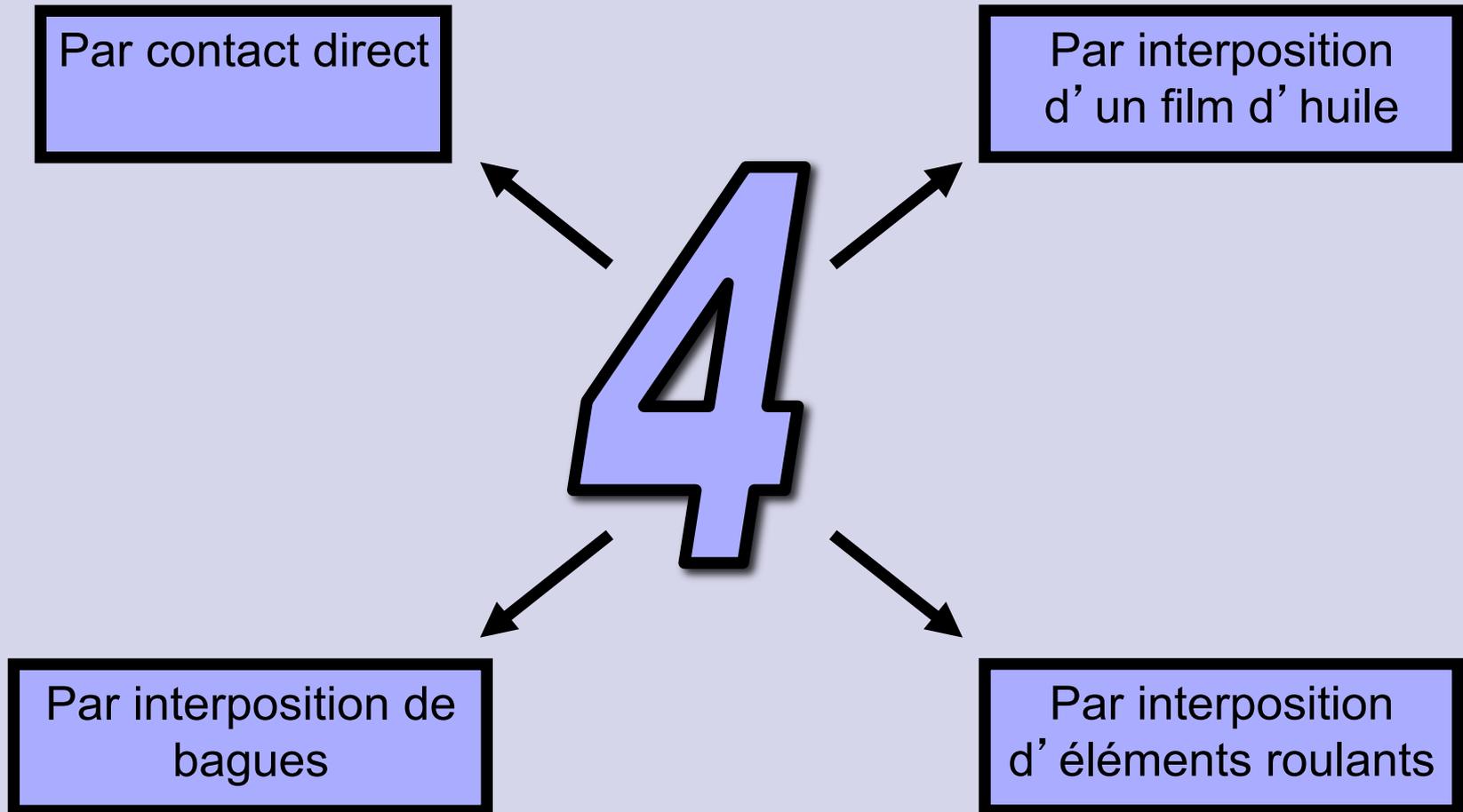
Analyse fonctionnelle d' une liaison pivot (Cdcf):





Typologie des solutions

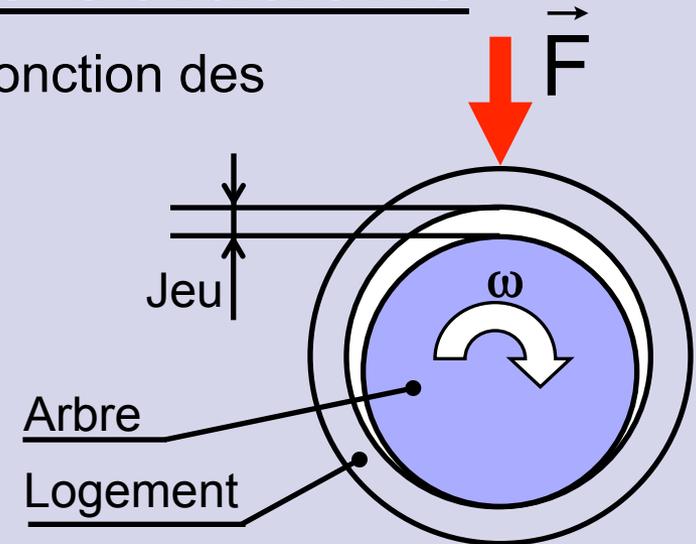
Il existe 4 principaux types de réalisation pour le guidage en rotation :



Critères de choix des solutions

Le critère de choix d'une solution se fait en fonction des conditions de fonctionnement :

- ① **précision du guidage,**
- ② **vitesse de rotation,**
- ③ **efforts admissibles par la liaison.**

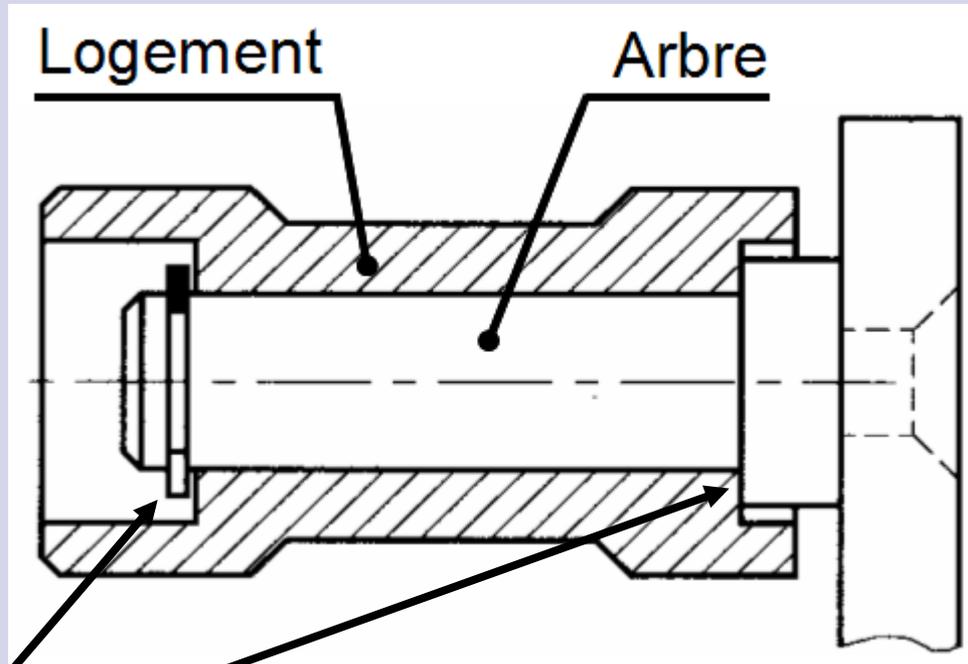


Type de guidage en rotation	Contraintes		
	Précision	Vitesse	Efforts à transmettre
Contact direct	-	--	-
Interposition de bagues	+	+	+
Interposition d'éléments roulants	++	++	+++
Interposition d'un film d'huile	+++	+++	++



Contact direct

Le guidage en rotation est obtenu par contact direct des surfaces cylindriques arbre/logement.

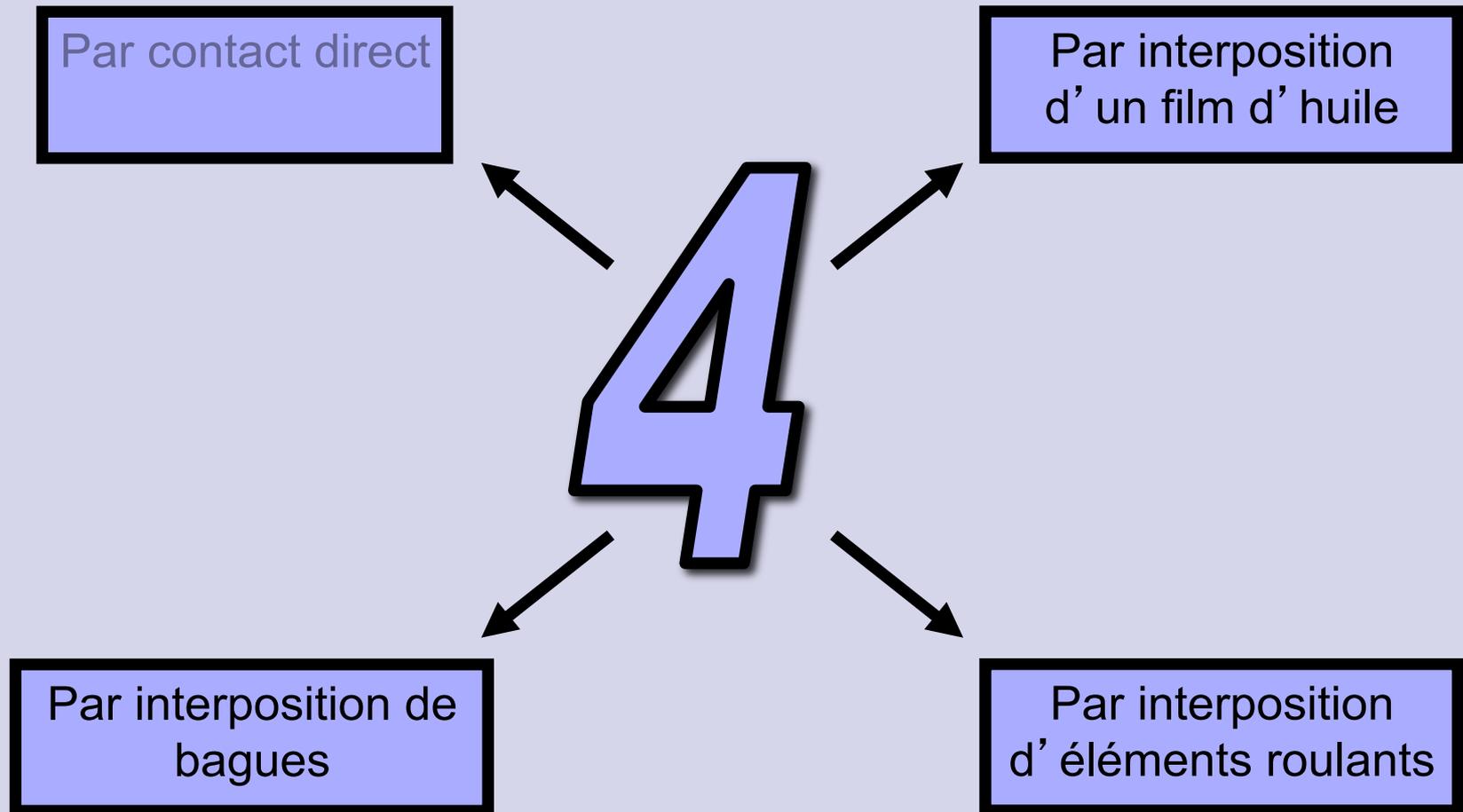


Des arrêts suppriment les degrés de liberté en translation (anneau élastique + épaulement).



Typologie des solutions

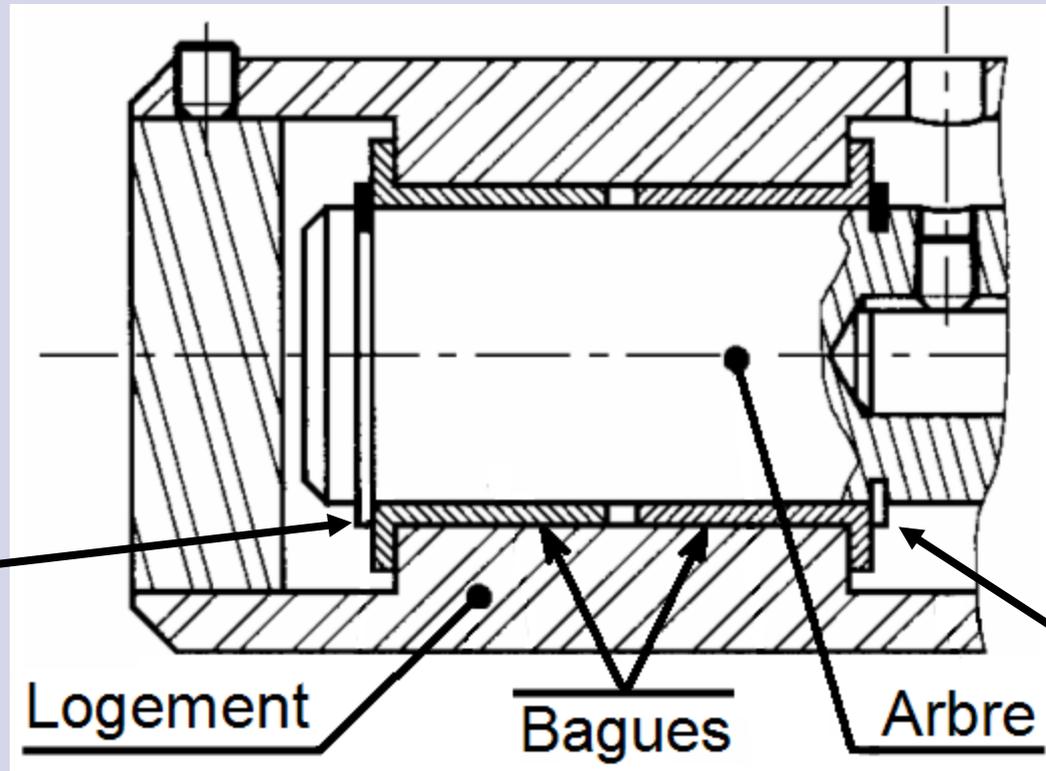
Il existe 4 principaux types de réalisation pour le guidage en rotation :





Interposition de bagues

Le guidage en rotation est assuré par des bagues de frottements sur lesquelles se reportent l'usure.



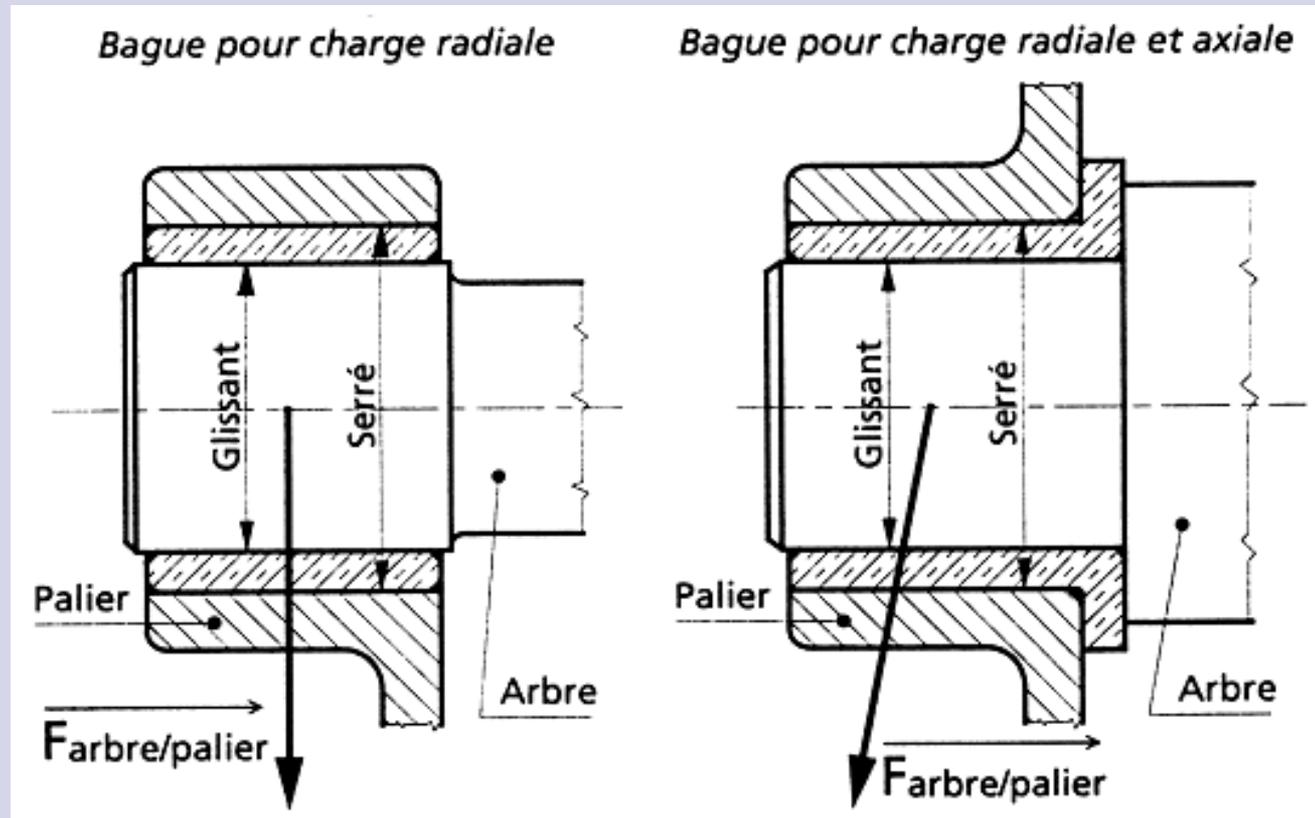
Des arrêts suppriment les degrés de liberté en translation.



Montage des bagues

Règle de montage :

Le coussinet est **monté serré** dans l'alésage (logement) et **glissant** sur l'arbre.



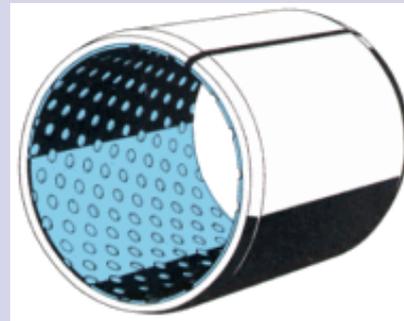
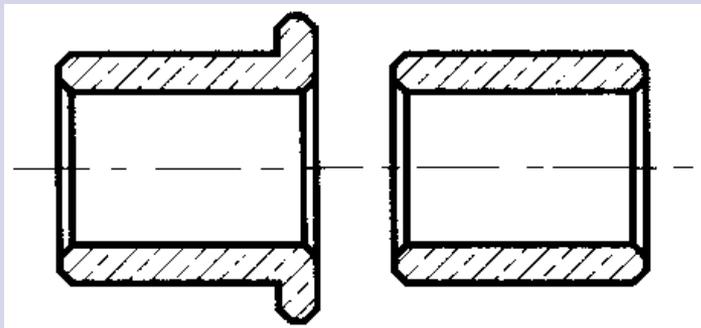
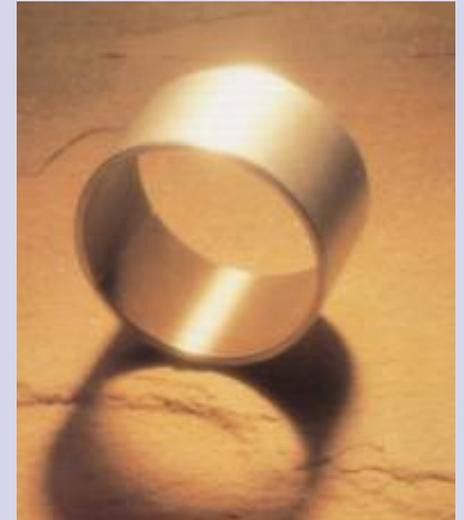
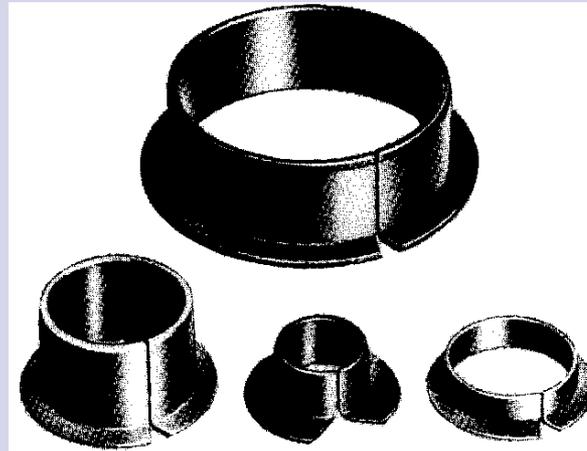
Remarque :
Lorsque l'effort à transmettre n'est pas purement radial, il est conseillé d'utiliser une bague à collerette.

Liaison pivot



Exemples de bagues

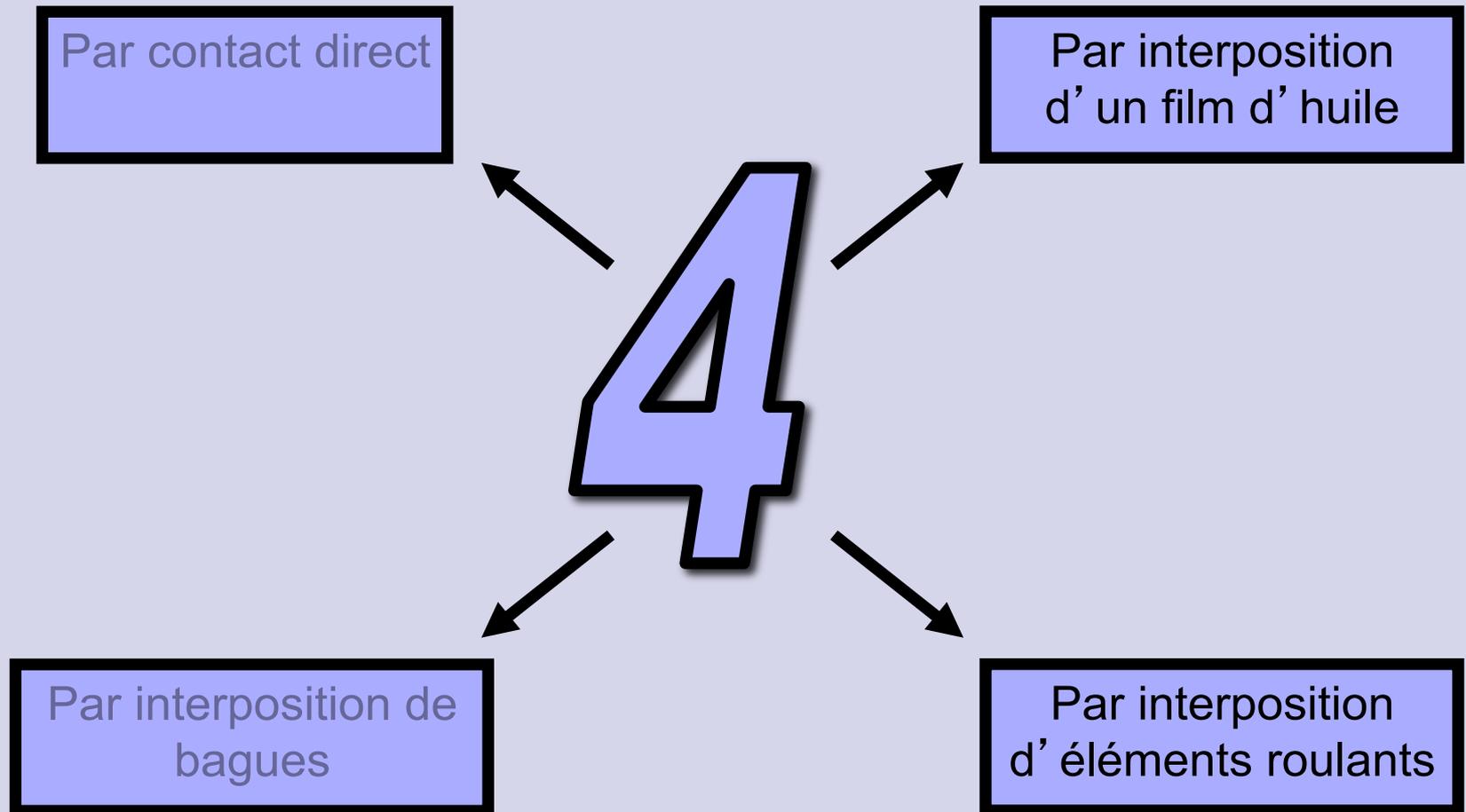
Economiques, les bagues sont de formes tubulaires, avec ou sans collerette et construites à partir de matériaux présentant de bonnes qualités frottantes (bronze, étain, téflon, ...). Utilisées à sec ou lubrifiées.





Typologie des solutions

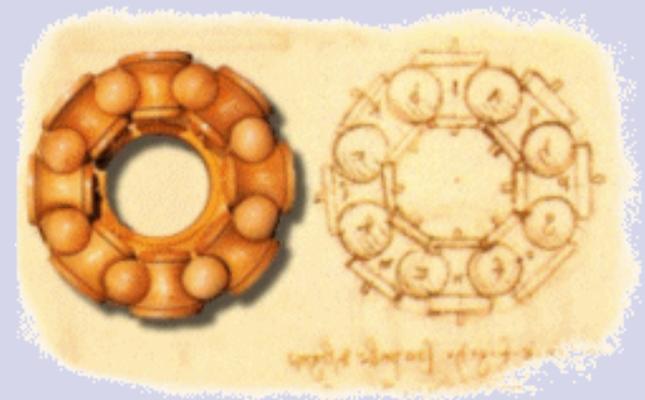
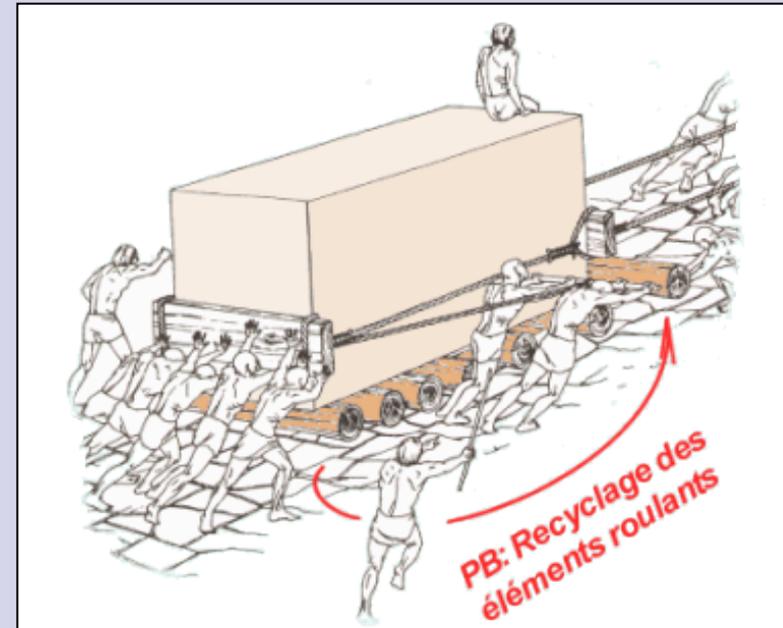
Il existe 4 principaux types de réalisation pour le guidage en rotation :



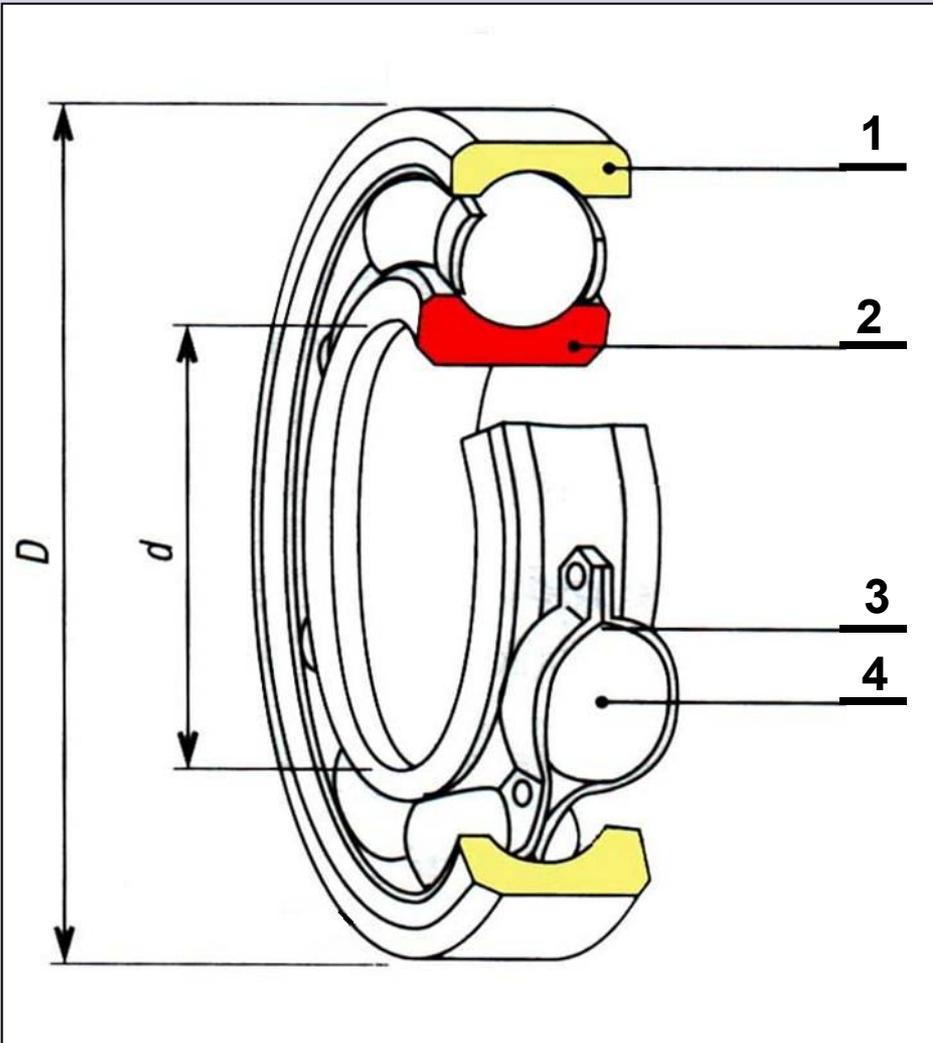
Interposition d'éléments roulants

Très rapidement et en particulier chez les **Assyriens** et les **Égyptiens**, les hommes eurent recours à des éléments roulants afin de remplacer les traîneaux dans le transport de lourdes charges

Mais ce n'est qu'au 15^{ème} siècle que **Léonard de Vinci** théorisa la géométrie des roulements. On trouve beaucoup de descriptions détaillées de systèmes de guidages par éléments roulants dans ces écrits. Enfin, la publication des travaux de **Heinrich Hertz** sur les déformations des corps en contact contribua beaucoup à améliorer les performances des roulements



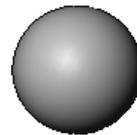
Composition d'un roulement



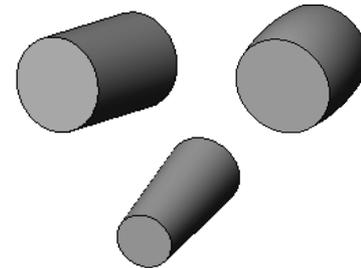
Tous les roulements sont composés de :

- 1 : Bague extérieure**, liée à l'alésage (logement du roulement)
- 2 : Bague intérieure**, liée à l'arbre
- 3 : Cage**, assure le maintien des éléments roulants
- 4 : Éléments roulants**, situés entre les deux bagues qui peuvent être :

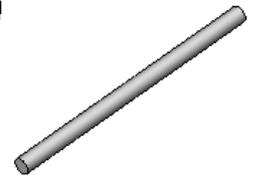
Billes



Rouleaux

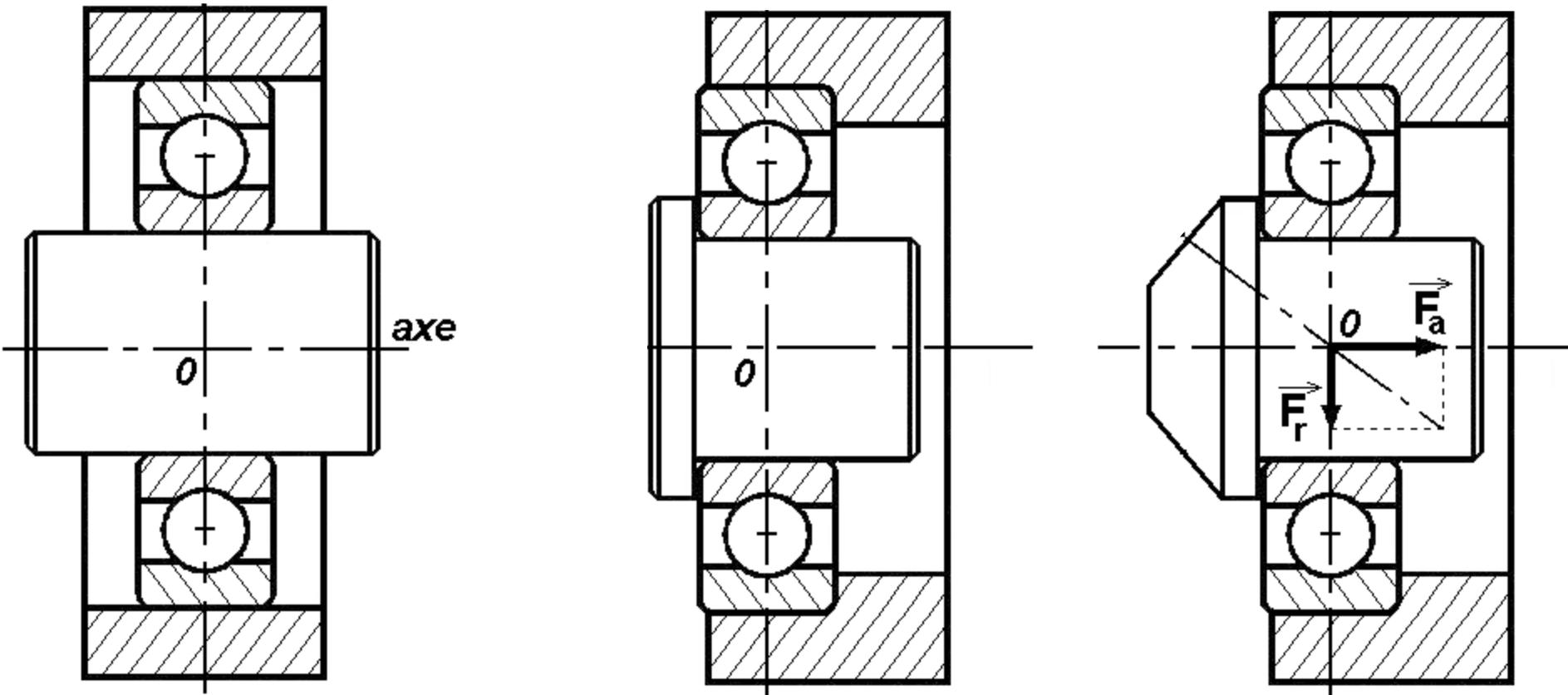


Aiguilles



Charges supportées par un roulement

Les charges (efforts) supportées par les roulements sont de 3 types :



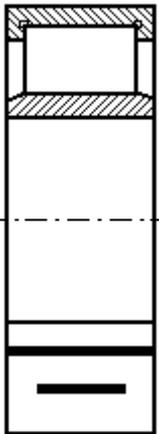
Classements des roulements

Les roulements sont classés en fonction des charges qu'ils peuvent supporter :

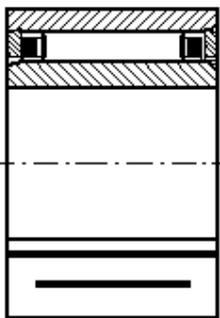
Types de charges

RADIALES

Roulement à rouleaux cylindriques



Roulement à aiguilles



AXIALES et RADIALES

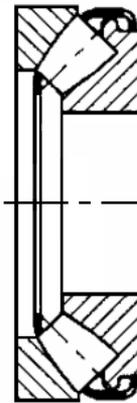
Roulement à billes



Roulement à rouleaux coniques



Butée à rotule sur rouleaux



AXIALES

Butée à billes



Butée à aiguilles



Roulements à Billes



Contact radial



Contact oblique



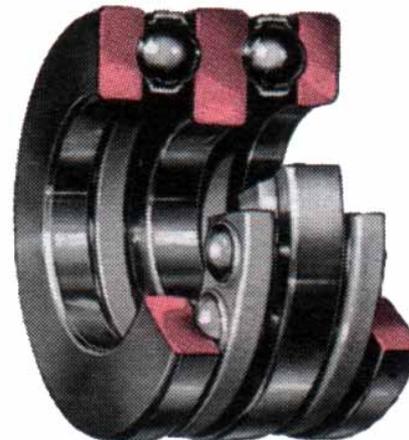
Rotule



2 rangées



Butée simple effet

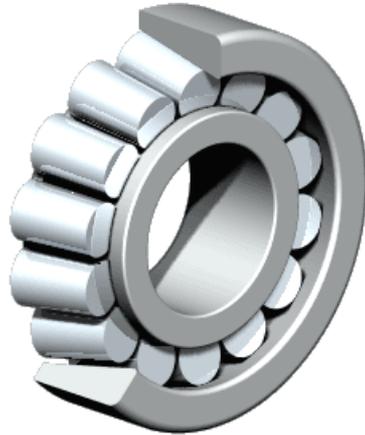


Butée double effet

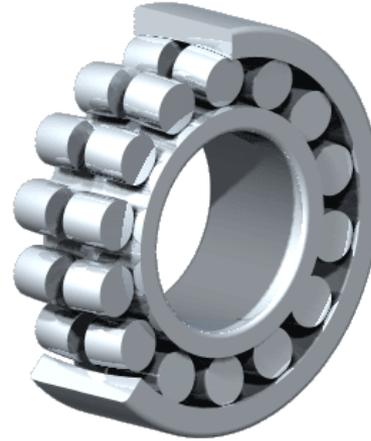
Roulements à Rouleaux



Cylindrique



Conique



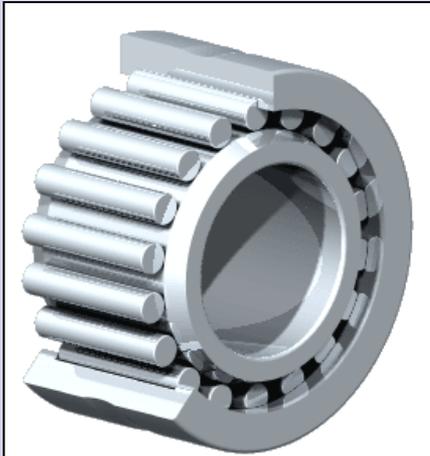
Rotule



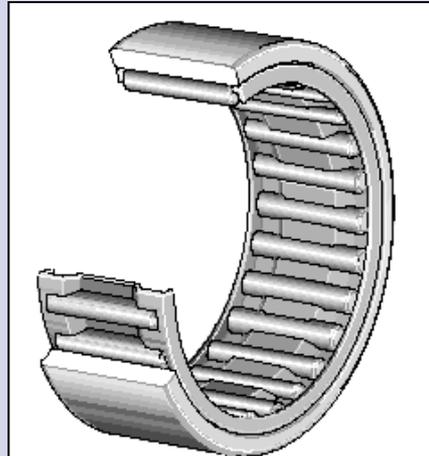
Butée



Roulements à Aiguilles



Avec bague
intérieure



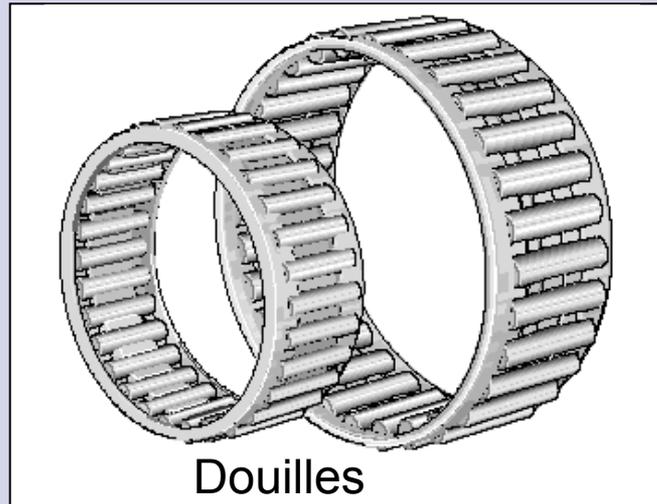
Sans bague
intérieure



Butée sans bague



Butée avec bague

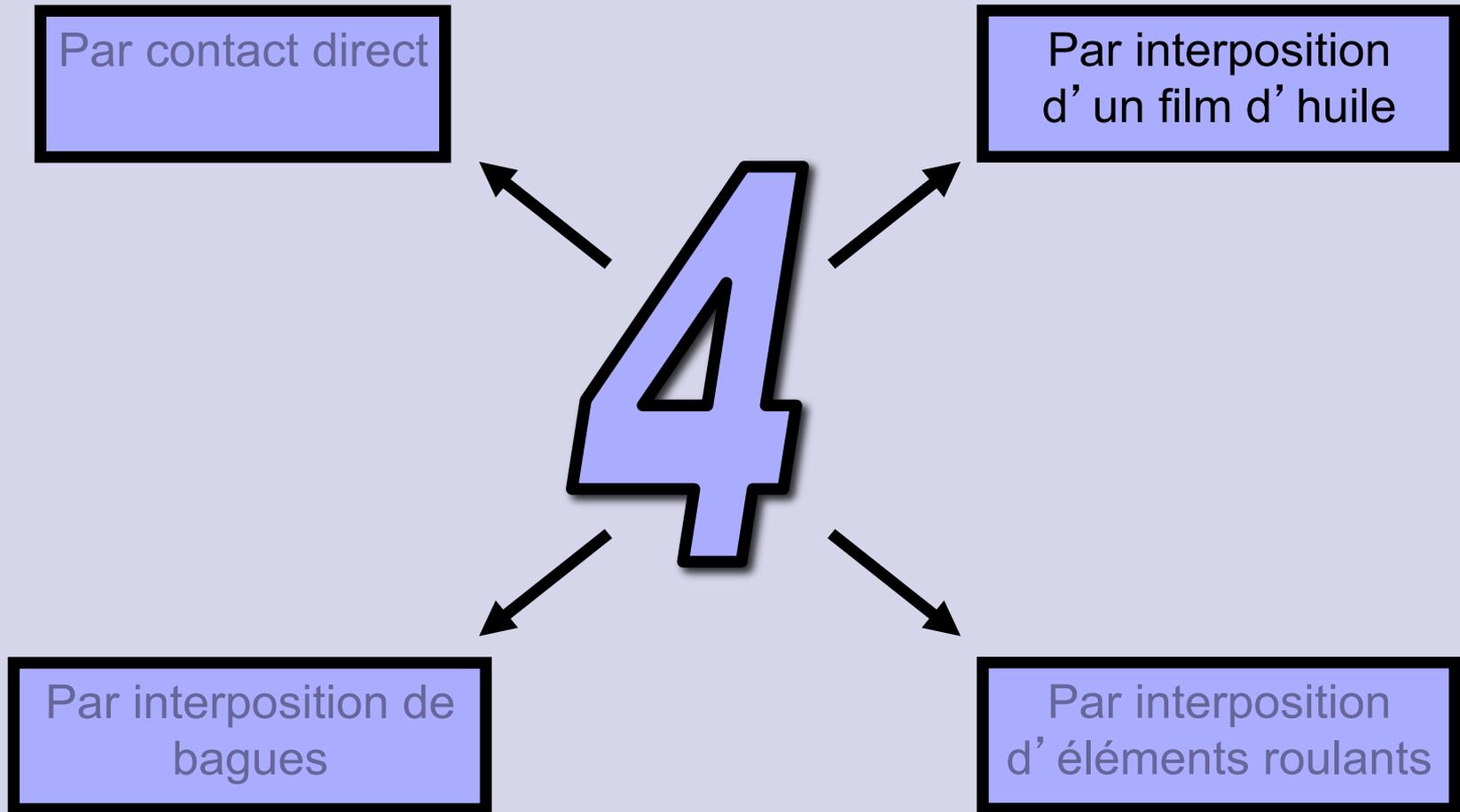


Douilles



Typologie des solutions

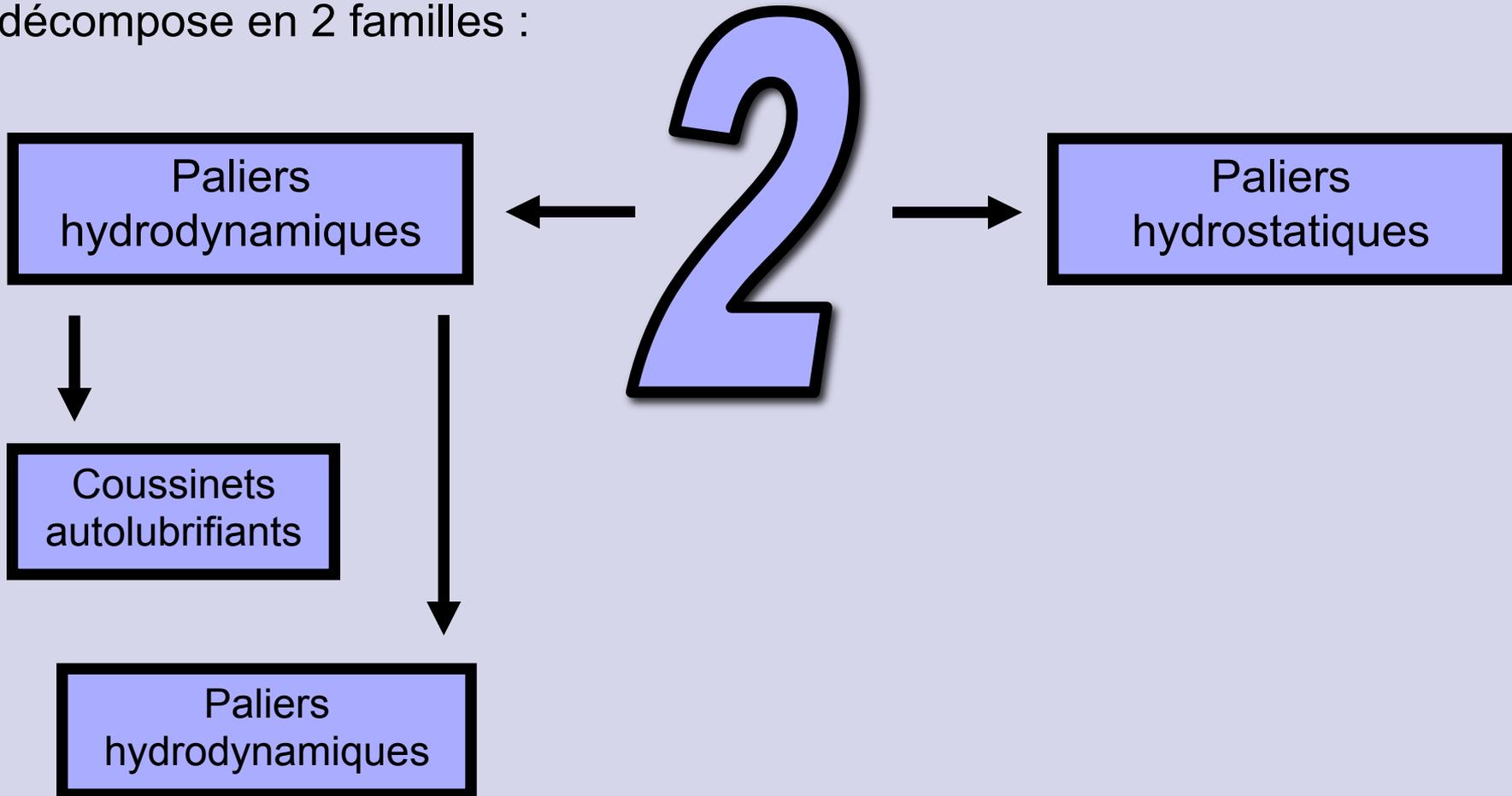
Il existe 4 principaux types de réalisation pour le guidage en rotation :





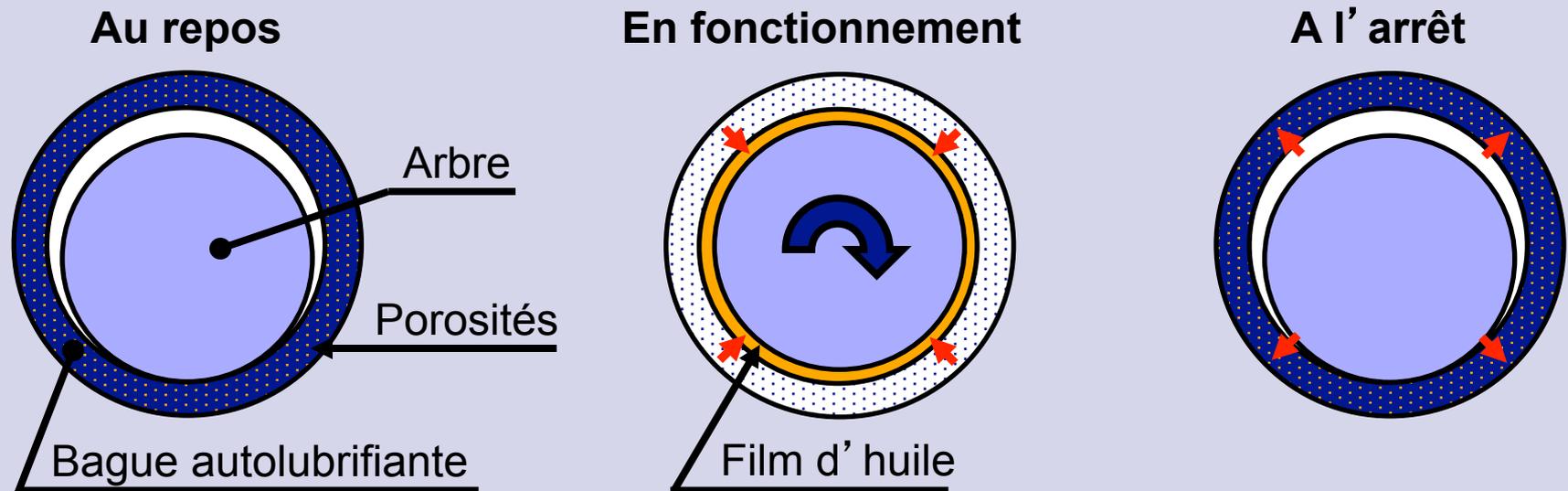
Interposition d'un film d'huile

Le guidage en rotation obtenu grâce à l'interposition d'un film d'huile se décompose en 2 familles :



Coussinets autolubrifiants

Les coussinets autolubrifiants sont obtenus à partir de métal fritté (*compression de poudre à température élevée*) à base de bronze, poreux (*porosités entre 15 et 35% en volume*), avec incorporation de lubrifiant dans les porosités. Dans le cas de l'huile, la structure, comparable à une éponge, restitue l'huile en fonctionnement et l'absorbe à l'arrêt.



Huile contenue dans les porosités

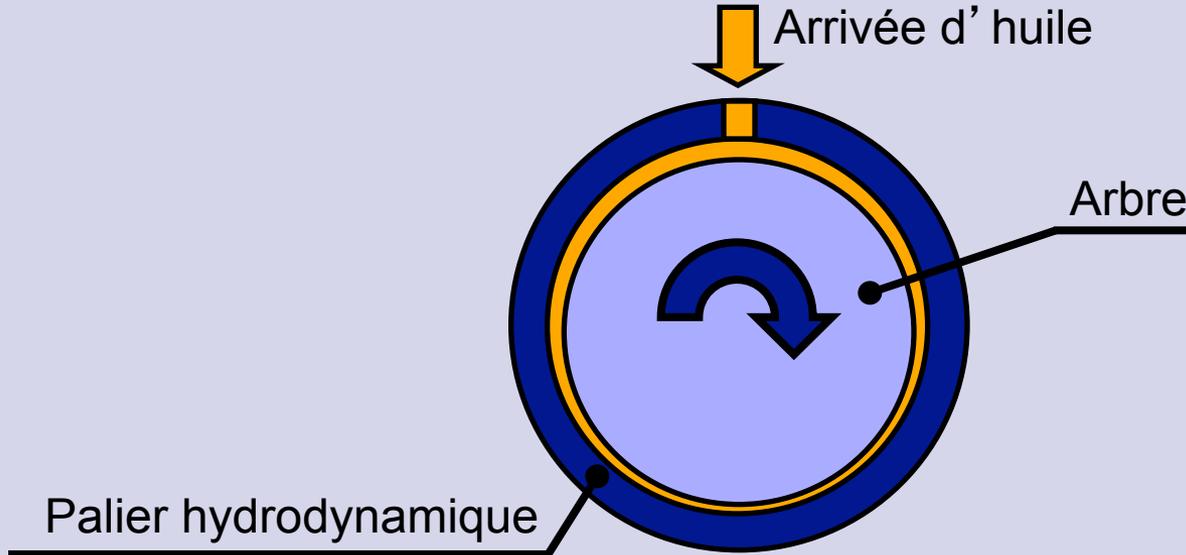
Rotation \Rightarrow Echauffement
 \Rightarrow L'huile sort des porosités

Huile aspirée par capillarité



Paliers hydrodynamiques

Les paliers lisses hydrodynamiques sont constitués de coussinets comportant une rainure permettant l'arrivée d'un lubrifiant.



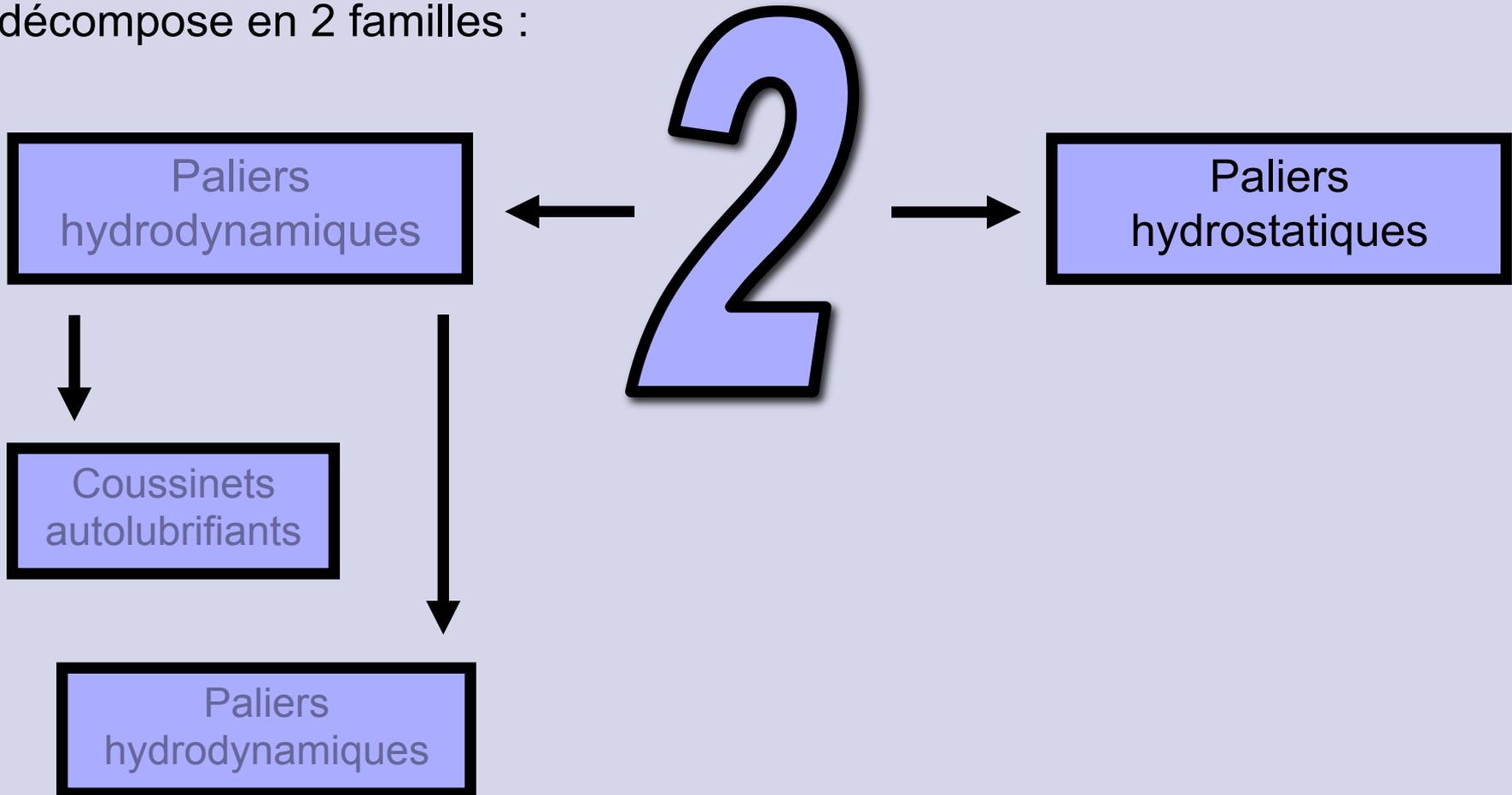
La vitesse tangentielle de l'arbre par rapport au palier, à condition qu'elle soit suffisante, crée une portance hydrodynamique comparable au ski nautique ou à l'aquaplaning.

En permanence un film d'huile sépare les deux surfaces respectives (régime hydrodynamique). L'usure est alors pratiquement nulle et les frottements fortement réduits.



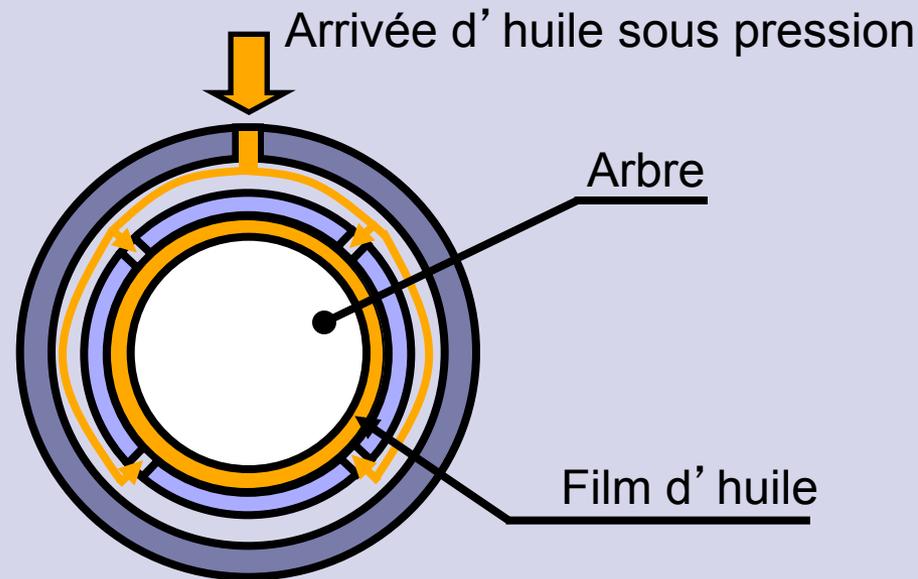
Interposition d'un film d'huile

Le guidage en rotation obtenu grâce à l'interposition d'un film d'huile se décompose en 2 familles :



Paliers hydrostatiques

Le principe de fonctionnement est différent de celui des paliers hydrodynamiques, la pression est fournie par une pompe qui envoie le fluide sous pression dans quatre chambres.



L'arbre est sustenté au centre du mécanisme par la pression du fluide. La création du film d'huile est produite par la mise en pression autour de l'arbre à la façon d'un hydroglisseur.



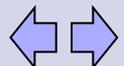
Comparaison des solutions

Solution pour un guidage en rotation	Avantages	Limites d' utilisation
Contact direct		
Interposition de bagues		
Interposition d' éléments roulants		
Interposition d' un film d' huile		



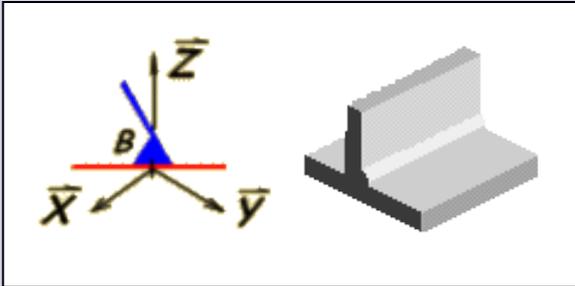
Applications des solutions

Solution pour un guidage en rotation	Applications
Contact direct	
Interposition de bagues	
Interposition d'éléments roulants	
Interposition d'un film d'huile	

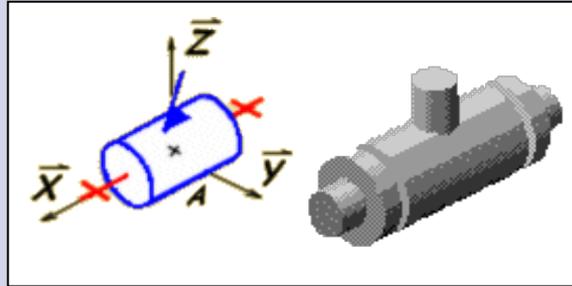


Liaisons les plus fréquentes

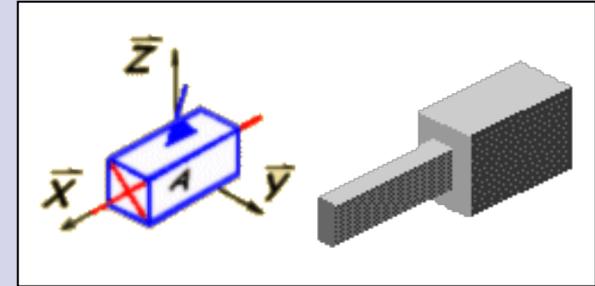
✓ liaison encastrement



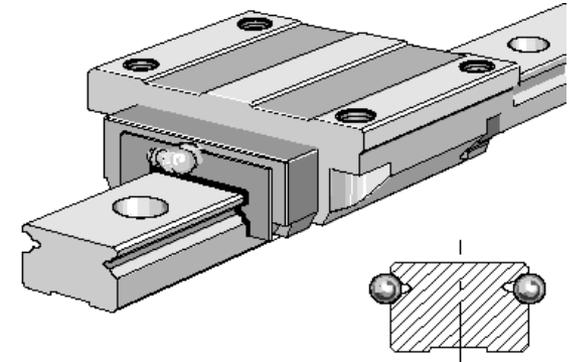
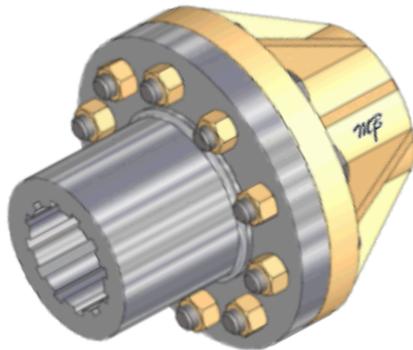
✓ liaison pivot



✓ liaison glissière

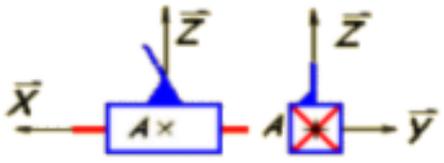
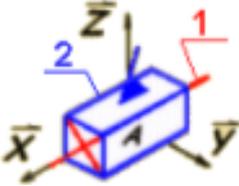
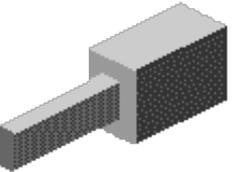


Exemple de solutions

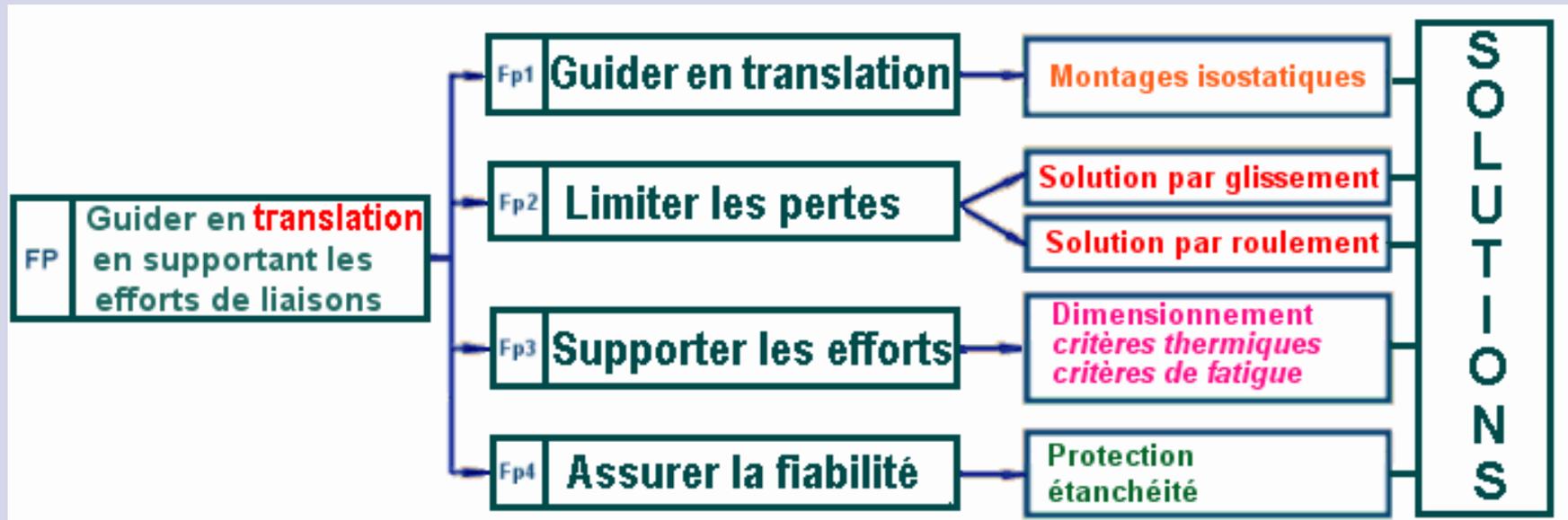


Liaison Glissière : Préambule

Une liaison glissière n'autorise qu'un degré de liberté : 1 Translation

Liaison glissière d'axe (A,x)	Représentation plane	Représentation spatiale	Degrés de liberté		Visualisation
			Translation	Rotation	
			1	0	
			0	0	
			0	0	

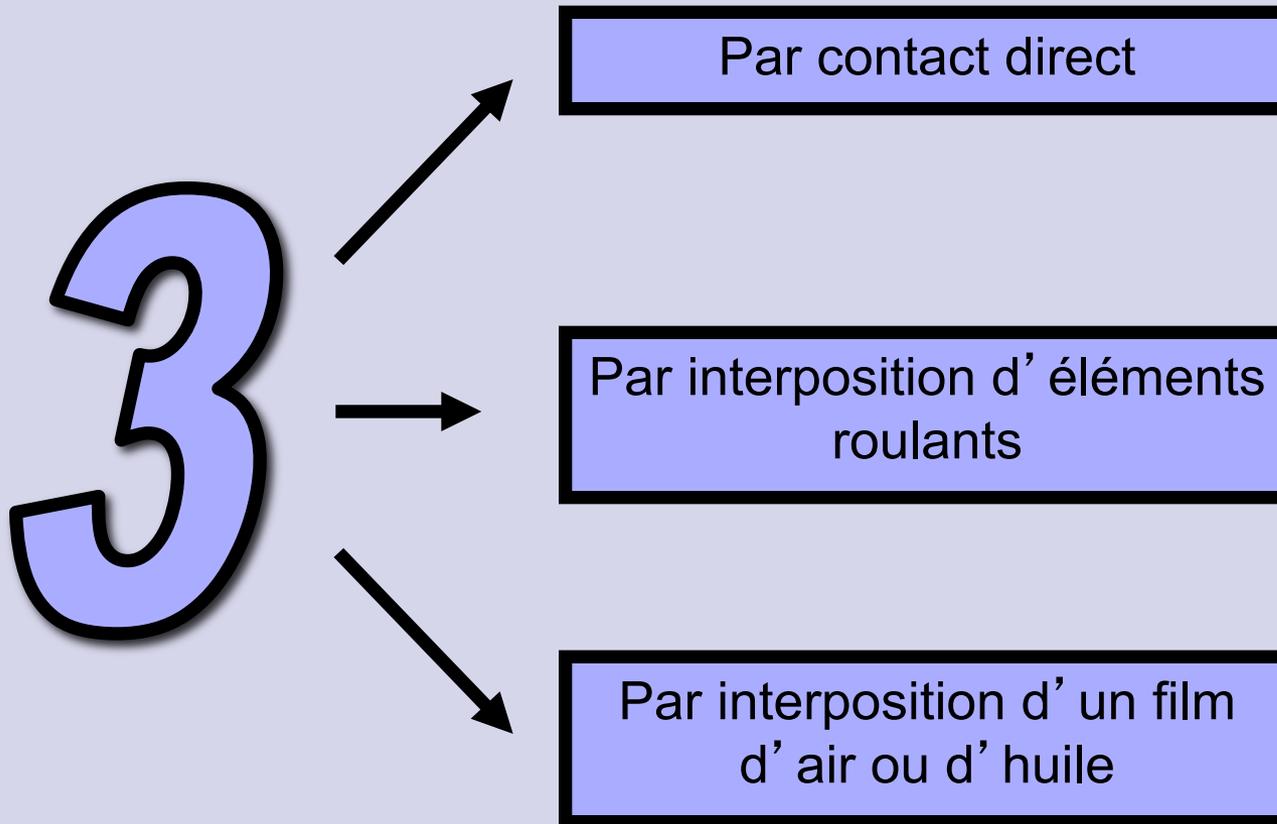
Analyse fonctionnelle d'une liaison glissière (Cdcf):





Typologie des solutions

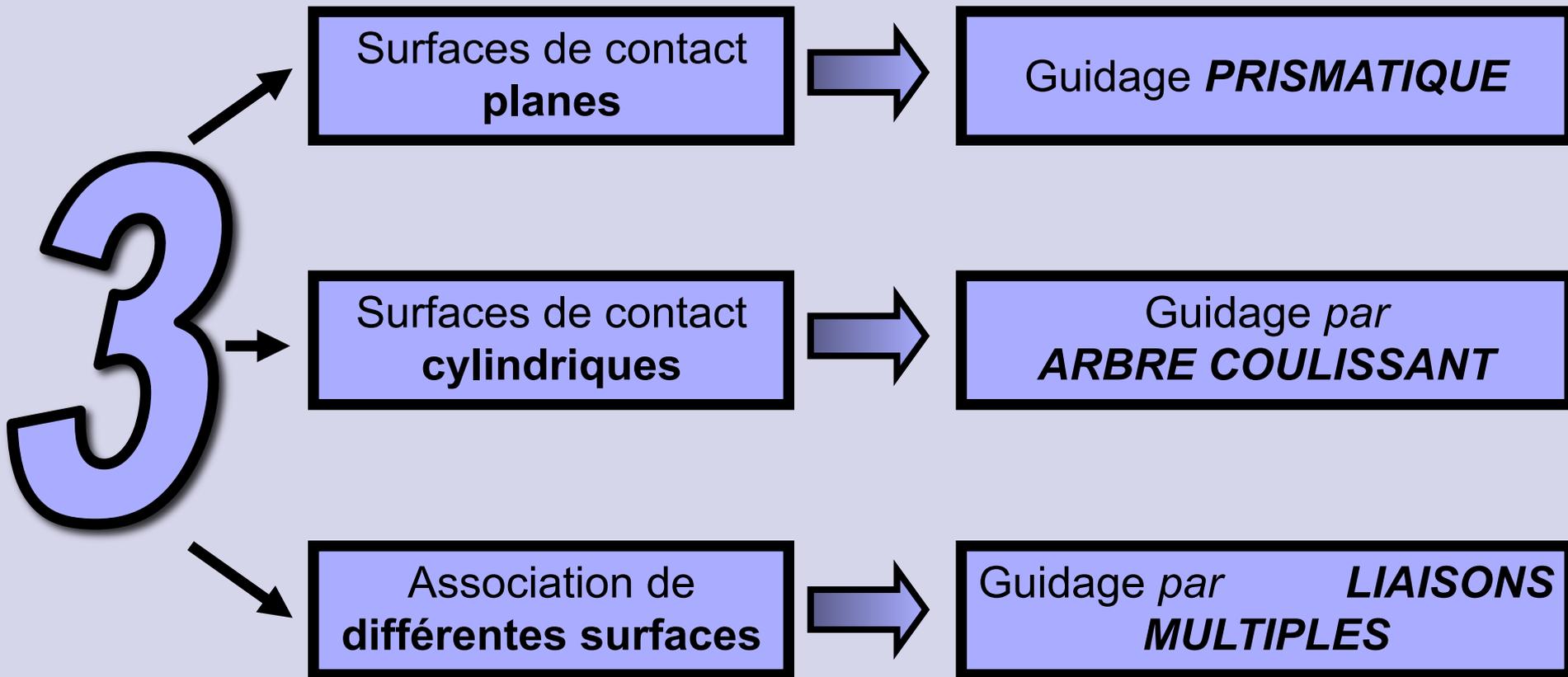
Il existe 3 principaux types de réalisation pour le guidage en translation :





Contact direct

Il existe 3 principaux types de réalisation de contact direct :

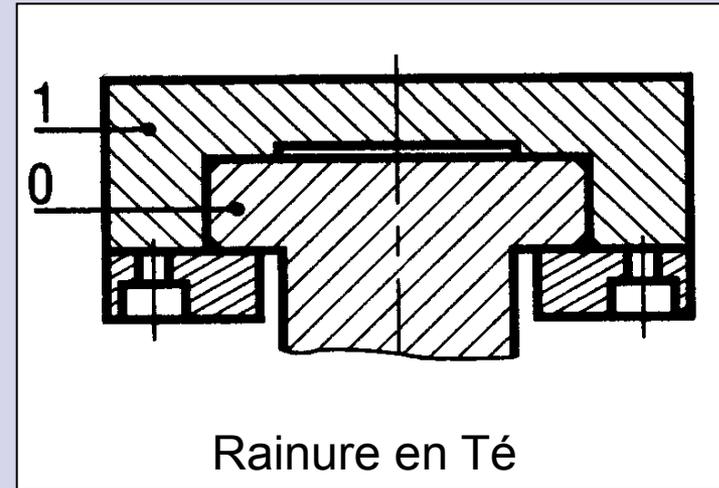
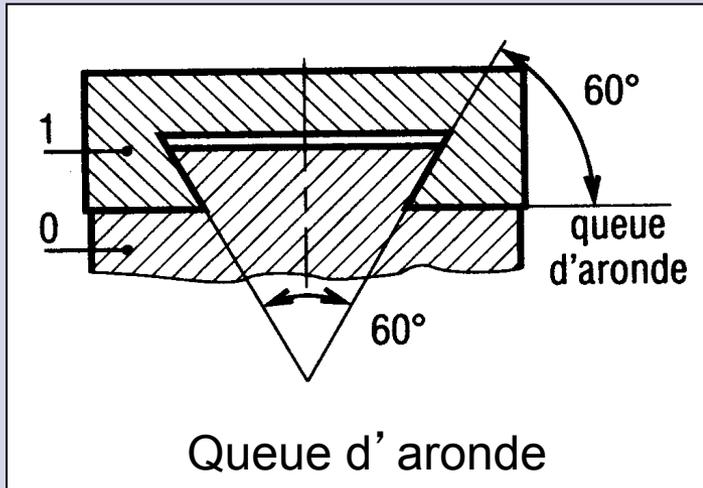




Guidage Prismatique

Les surfaces de contact planes sont prépondérantes.

La géométrie des surfaces de contact n'est pas forcément rectangulaire. Elle peut prendre plusieurs formes.



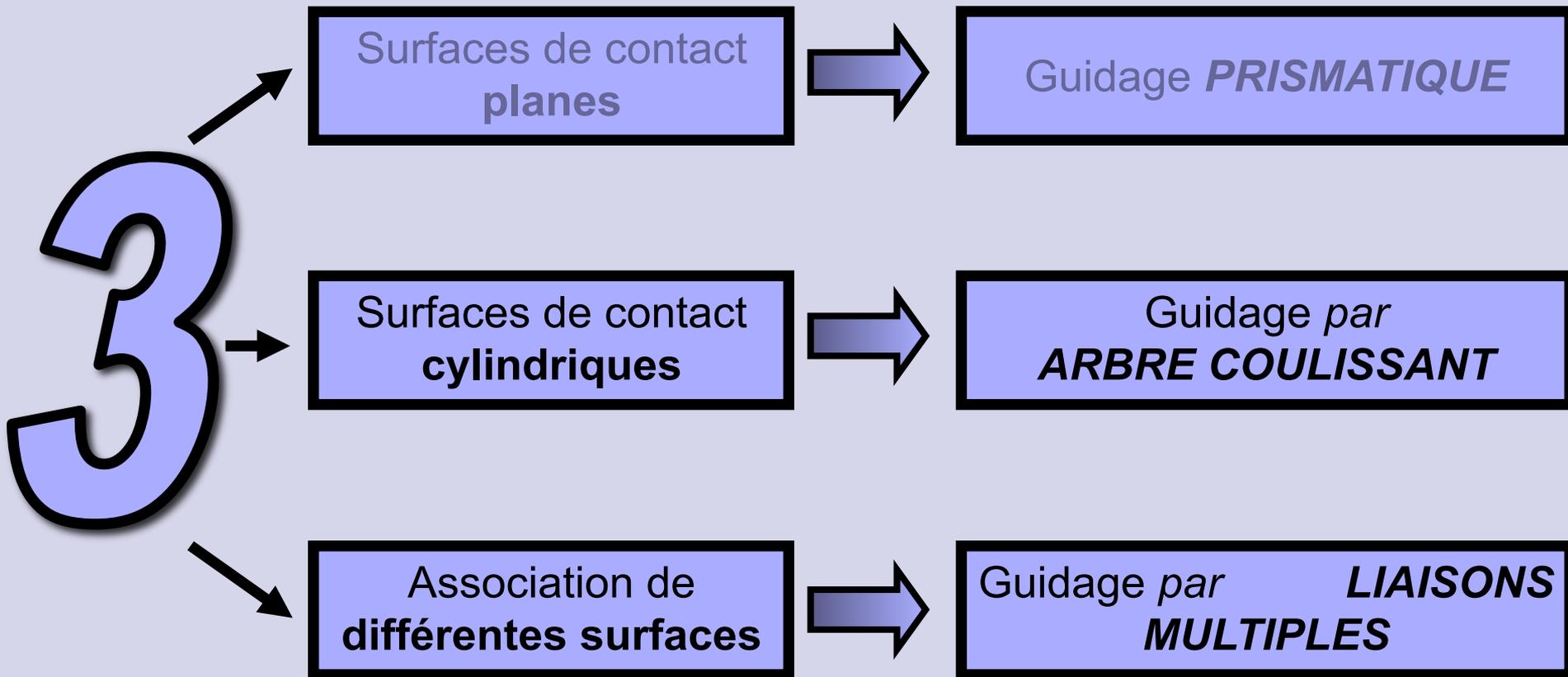
Les frottements peuvent être diminués par l'interposition d'éléments anti-friction (bandes de PTFE*, bronze, polyamide ou Nylon) qui peuvent être collés sur l'une des surfaces en frottement.

* : Polytétrafluoroéthylène



Contact direct

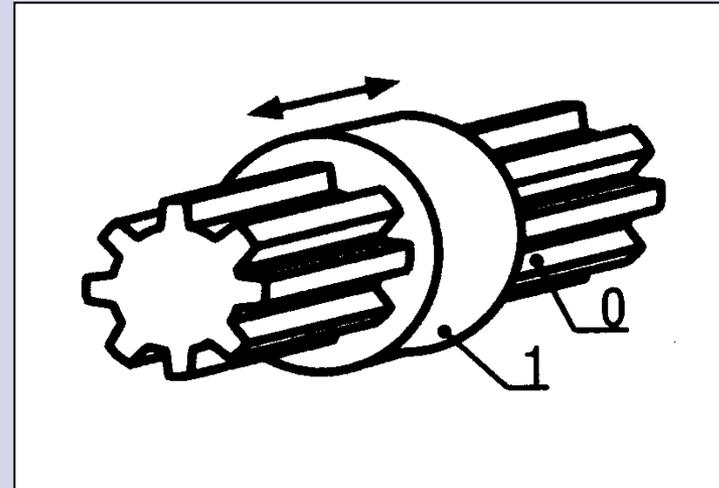
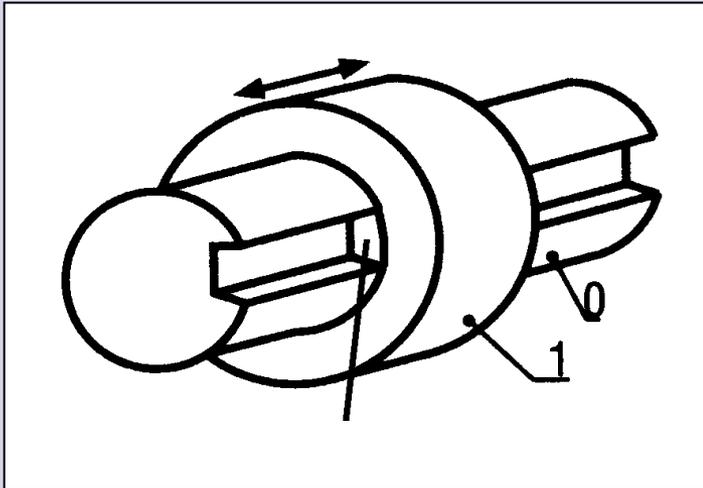
Il existe 3 principaux types de réalisation de contact direct :





Guidage par arbre coulissant

La liaison glissière est réalisée par association d'un contact cylindrique et d'un arrêt en rotation.



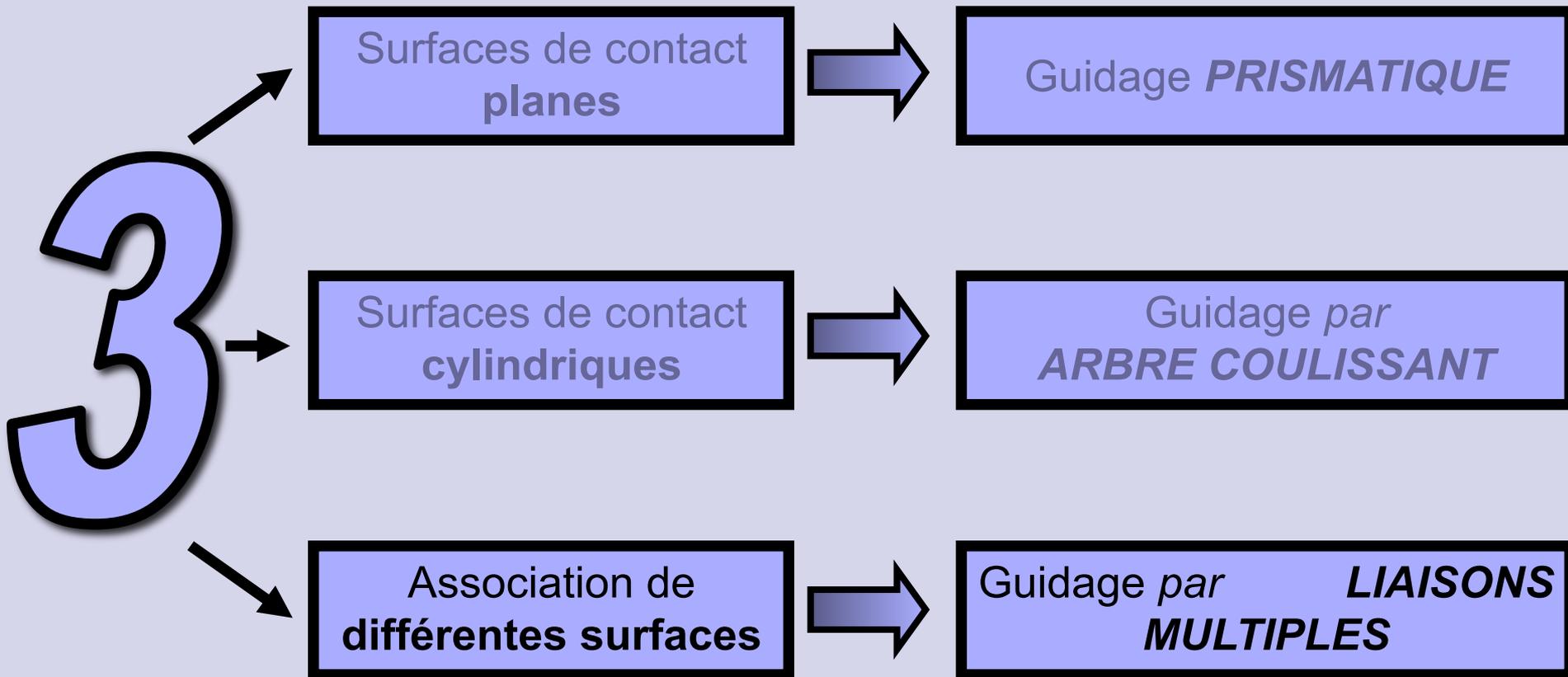
L'arrêt en rotation peut être réalisé à l'aide :

- ✓ d'une clavette (figure 1)
- ✓ ou de cannelures (figure 2).



Contact direct

Il existe 3 principaux types de réalisation de contact direct :

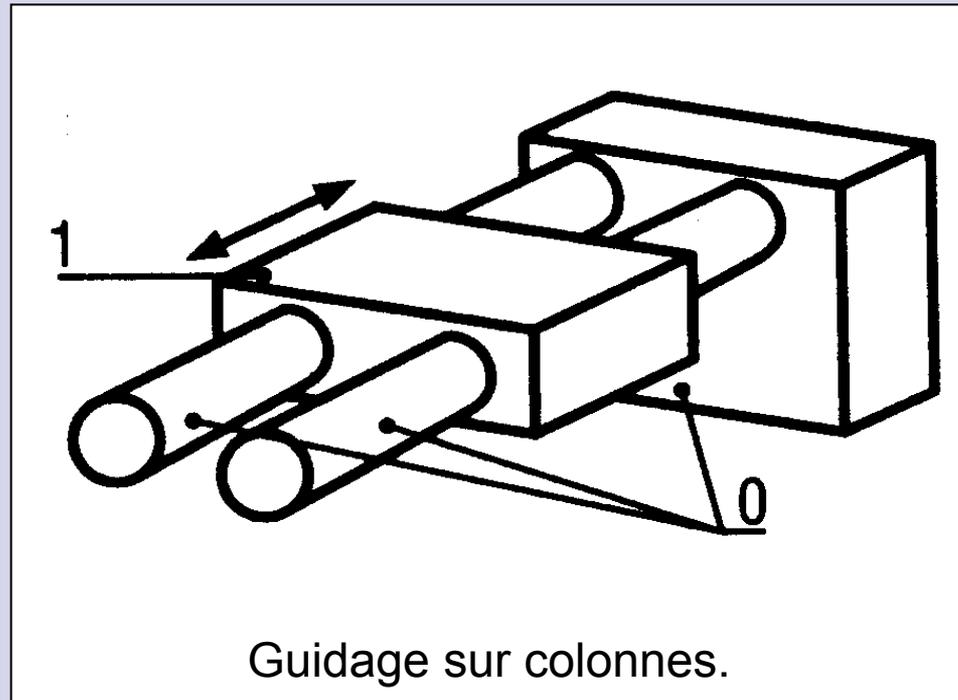




Guidage Liaisons Multiples

La combinaison de certaines liaisons peut aboutir à la réalisation d'une liaison glissière.

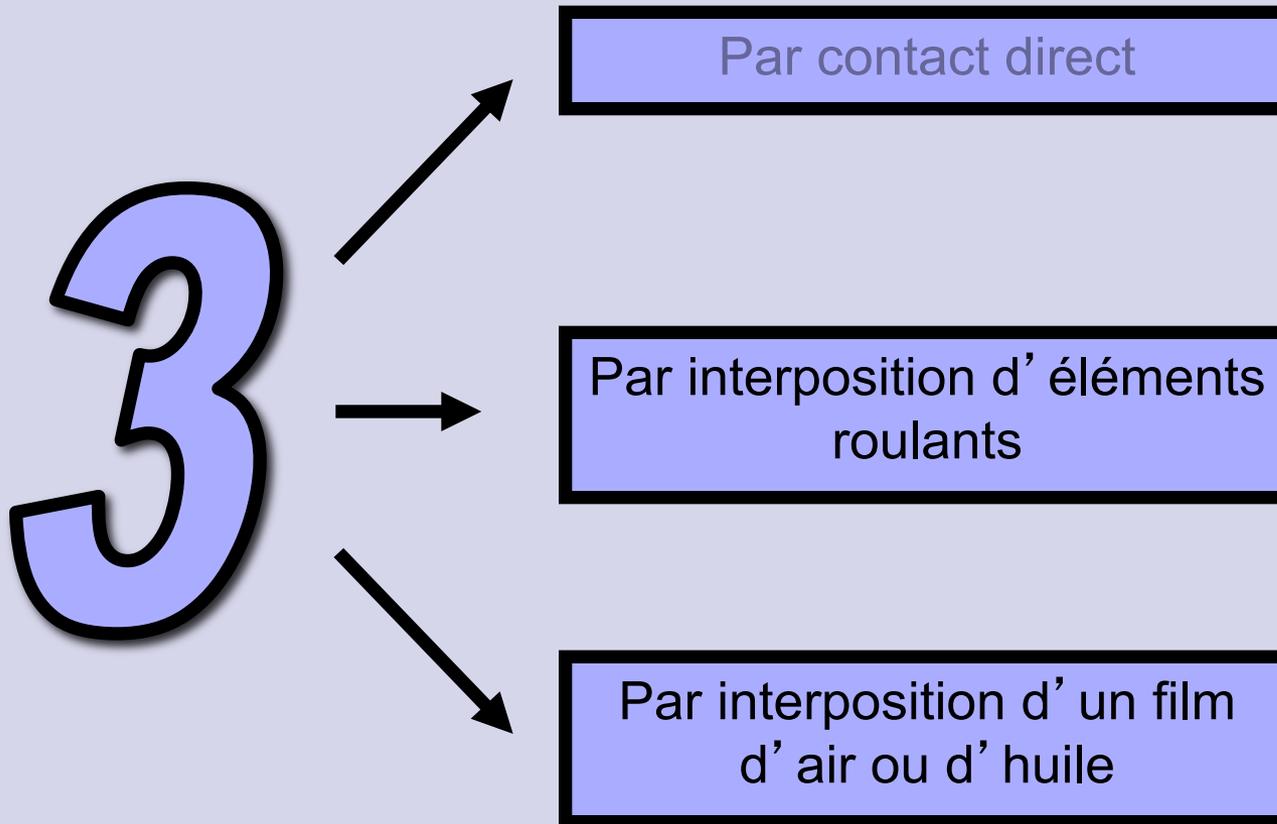
Exemple : Deux liaisons *pivot glissant* en parallèle n'autorisent qu'une translation.





Typologie des solutions

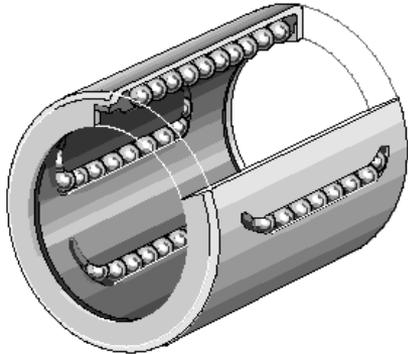
Il existe 3 principaux types de réalisation pour le guidage en translation :



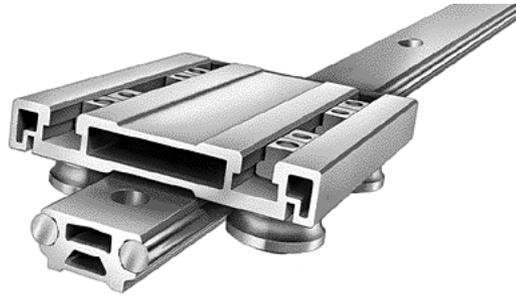


Interposition d'éléments roulants

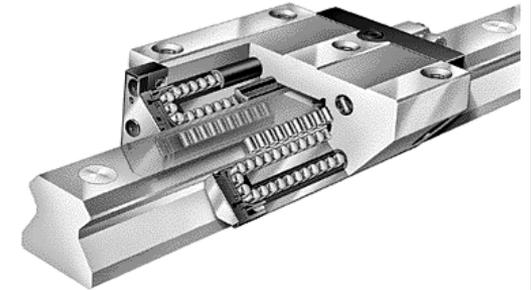
Il existe une grande variété d'éléments roulants standards permettant de réaliser une liaison *glissière* (voir figures suivantes).



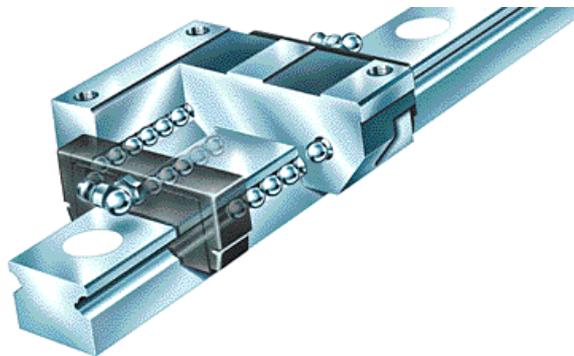
Douille à billes



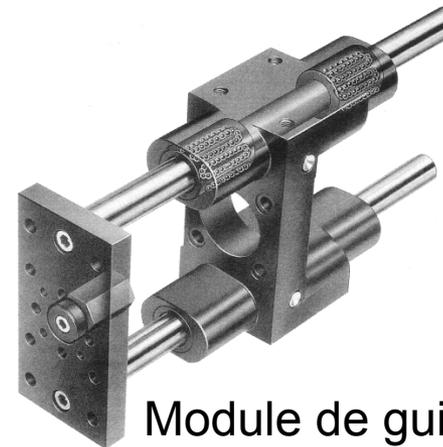
Guidage par galets



Guidage à rouleaux



Guidage par billes



Module de guidage linéaire

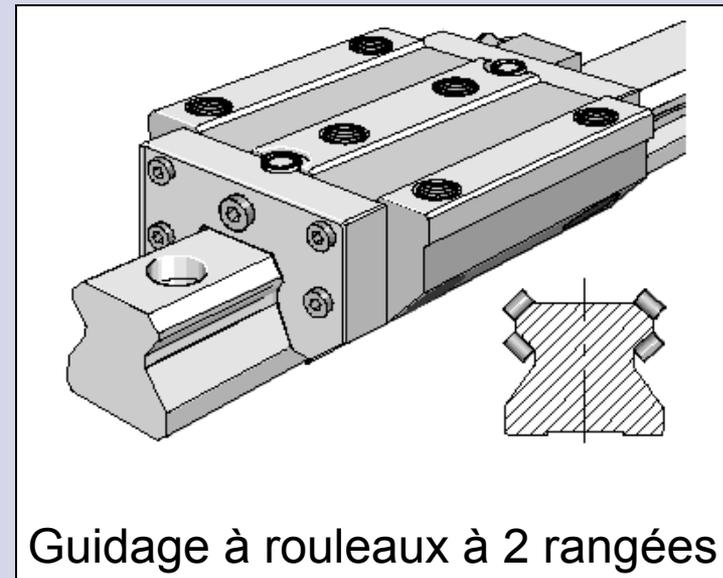
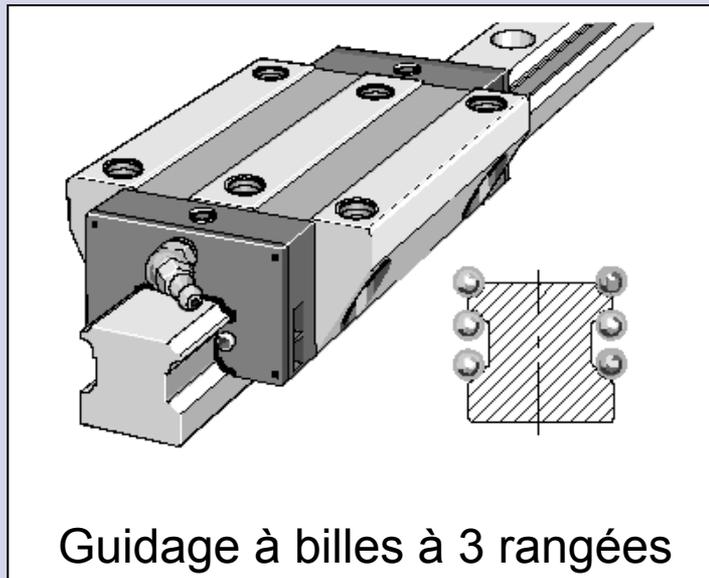


Interposition d'éléments roulants

Le coût de ces éléments limite leur utilisation aux cas pour lesquels le frottement doit être réduit et les efforts importants.

Ces éléments admettent des vitesses importantes, un bon rendement et une grande précision.

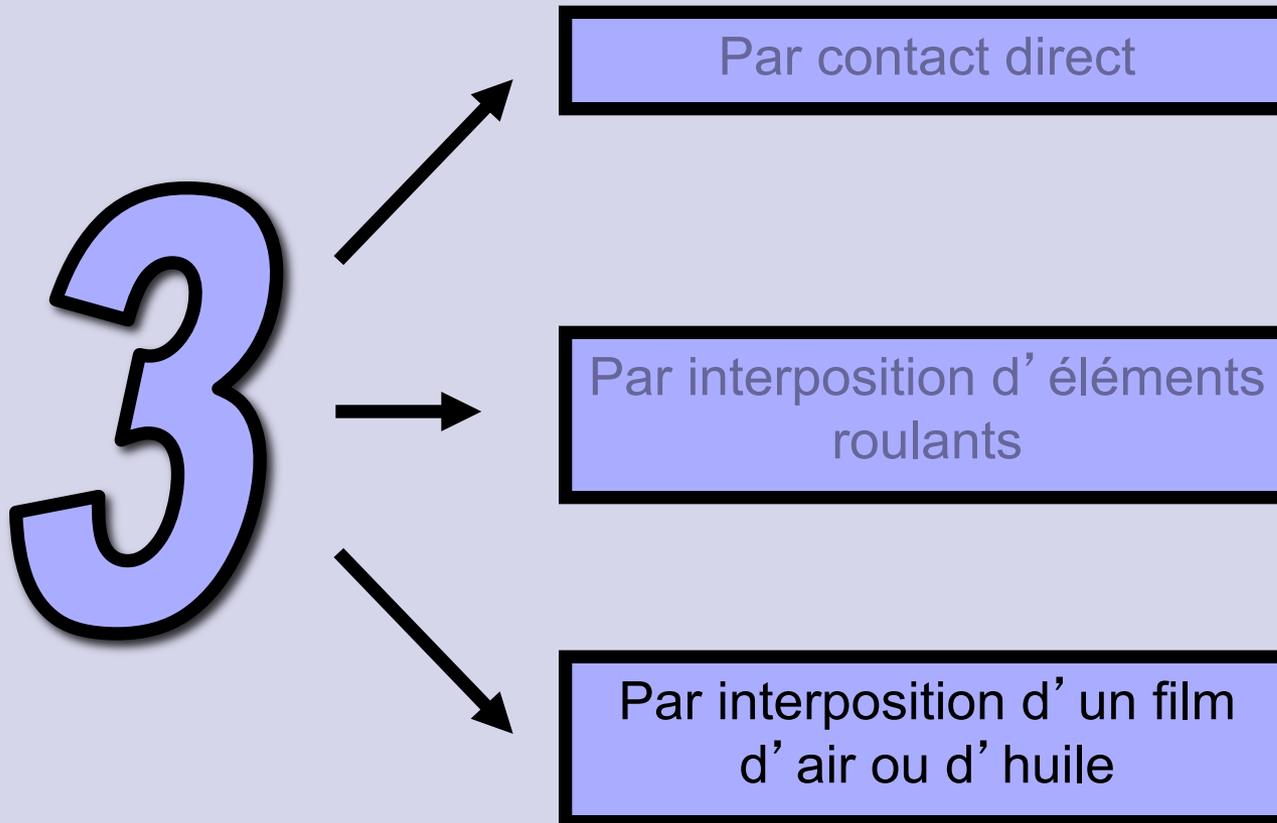
Ces solutions augmentent la précision de guidage et la rigidité, mais sont de réalisation plus délicate et donc plus coûteuse.





Typologie des solutions

Il existe 3 principaux types de réalisation pour le guidage en translation :





Interposition d'un film d'air et d'huile

La sustentation par injection de fluide (air ou huile) évite le contact entre le coulisseau et la glissière. Ce type de guidage permet d'obtenir des propriétés antifriction et de guidage de très haut niveau.

Ces solutions sont très coûteuses à fabriquer et à exploiter. Elles sont donc réservées, en général, aux appareils de haute précision (machines à contrôler par exemple).

