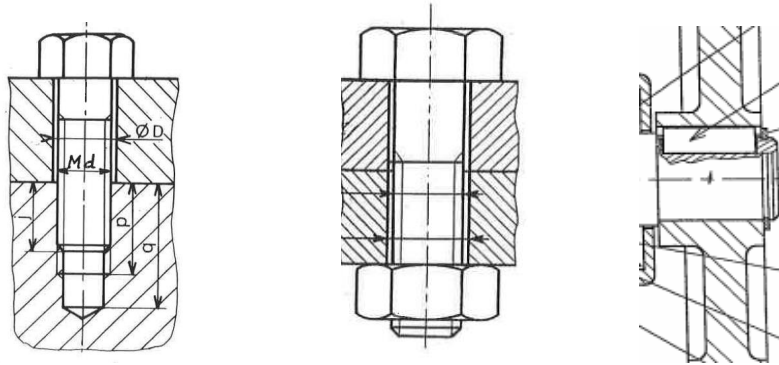


Cycle 3: Etude de la conception et de la réalisation des ensembles mécaniques

Chapitre 6 – Fonction assemblage - liaison encastrement



Problématique

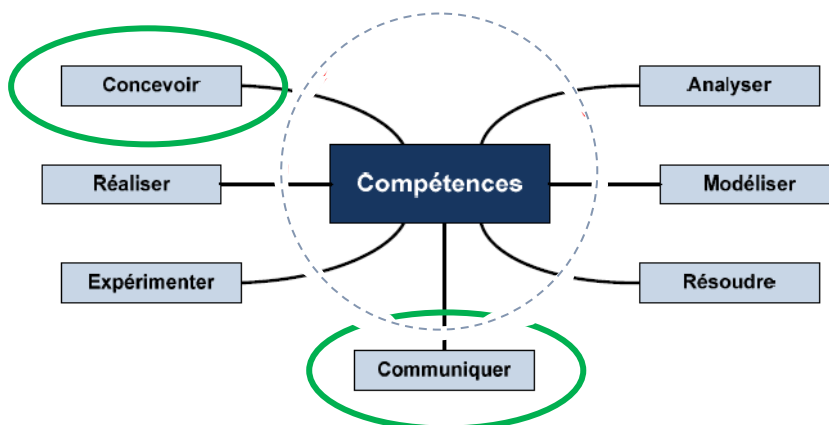
PROBLÉMATIQUE :

- Décrire ou choisir les solutions technologiques réalisant un encastrement.
- Représenter une solution complète avec les conditions de fonctionnement.

Savoir

SAVOIRS :

- Définir et caractériser une fonction d'assemblage.
- Principes d'immobilisation par obstacle(s) ou par adhérence.
- Familles de solutions, critères de choix, solutions techniques par plan prépondérant, cylindre prépondérant, cône prépondérant.
- Conditions d'utilisations et calculs relatifs à la transmission d'un couple ou d'un glisseur.





Sommaire

1. <u>Information sur les liaisons encastremets indémontables</u>	3
1.1. <u>Le soudage</u>	3
1.2. <u>Le rivetage</u>	3
1.3. <u>Le frettage</u>	3
1.4. <u>Le collage</u>	4
2. <u>Fonction principale et fonctions techniques d'une liaison encastrement</u>	5
3. <u>Technologie du maintien en position (MAP)</u>	5
3.1. <u>Les vis d'assemblage</u>	5
3.2. <u>Les écrous</u>	7
3.3. <u>Les boulons</u>	7
3.4. <u>Les goujons</u>	8
3.5. <u>Les vis de pression</u>	8
4. <u>Assurer la fiabilité</u>	10
5. <u>Technologie de la mise en position (MIP)</u>	11
5.1. <u>Décomposition fonctionnelle de la MIP</u>	11
5.2. <u>MIP par appui plan prépondérant</u>	11
5.3. <u>MIP par cylindre prépondérant</u>	13
5.4. <u>MIP par cône prépondérant</u>	13
6. <u>La fonction transmission des efforts</u>	14
6.1. <u>Transmission de puissance par obstacles</u>	14
6.2. <u>Transmission de puissance par adhérence</u>	15
7. <u>Les éléments d'arrêts en translation</u>	15
7.1. <u>Les épaulements</u>	15
7.2. <u>Les anneaux élastiques</u>	17
7.3. <u>Les entretoises et rondelles</u>	17



Fonction assemblage - Liaison encastrement

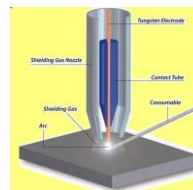
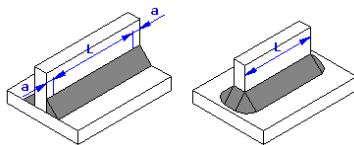
1. Information sur les liaisons encastrement (ou complètes) indémontables

On entend par liaison encastrement **indémontable**, une liaison que l'on ne peut pas démonter **sans détériorer des surfaces fonctionnelles au montage ou démontage**. La liaison indémontable est couramment répandue en aéronautique, navale, construction automobile, bref partout où l'on a besoin de réaliser **des assemblages durables**.

Voici pour information les principales liaisons complètes indémontables :

1.1. Le soudage

Souder, c'est réunir deux ou plusieurs parties constitutives d'un assemblage en assurant la continuité de la matière entre les parties à assembler. On vient assembler les éléments à l'aide **d'un métal d'apport** en fusion.

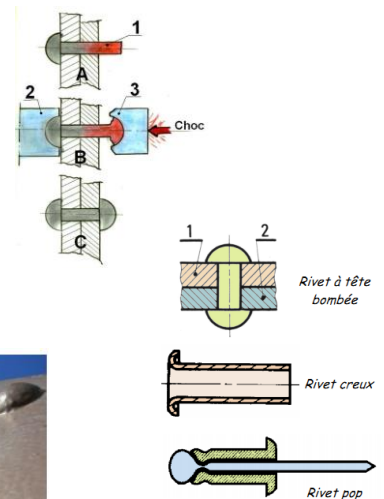


Il existe beaucoup de procédés de soudage : *brasage, soudage oxyacétylénique (chalumeau), TIG (Tungstène Inert gaz), MAG (Metal Active Gaz), électrode enrobée, laser...*

1.2. Le rivetage

Le **rivetage** est un assemblage de pièces à l'aide de **rivets**. C'est un assemblage définitif. Il permet un assemblage **très résistant et de faible encombrement**. On le trouve pour l'assemblage de chaudières, la construction en **charpente** métallique (bâtiments, ponts, ouvrages d'art,...), montage de **grilles**, portiques, rails. Les **structures d'avion** sont encore aujourd'hui quasiment toutes rivetées.

Ex : La tour Eiffel a été assemblée par 2 millions de rivets.

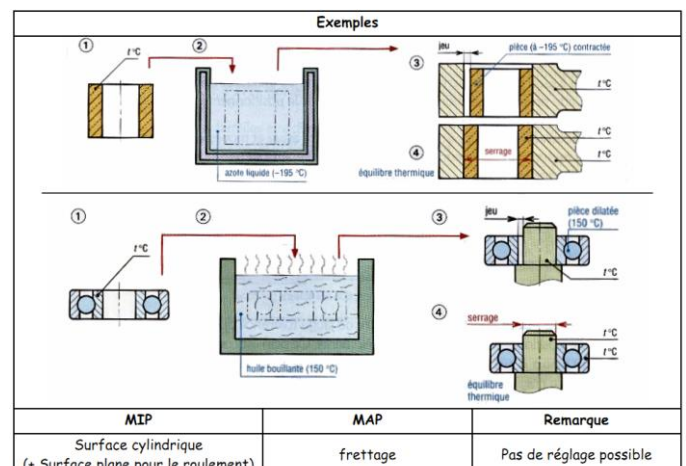


1.3. Le frettage

Le **frettage** est l'assemblage de deux pièces grâce à un **ajustement serré (p6 mini)** sans complément de clavette ou goupille. La pièce extérieure est appelée « **frette** », la pièce intérieure est dite « **frettée** ».

L'assemblage est réalisé avec des **tolérances d'usinage serrées**. La solution la plus simple, quand elle est possible sans détérioration du matériau, est de **chauffer la frette** pour la dilater avant de l'enfiler sur l'élément qu'il faut fretter. *On peut à l'inverse refroidir l'élément intérieur à l'azote liquide ou à la glace carbonique pour le contracter et l'engager dans la frette, mais ces solutions sont plus onéreuses.*

La **pression du contact** allié au **coefficient de frottement** entre les 2 pièces crée des efforts tangentiels **pouvant transmettre des couples importants**.





Fonction assemblage - Liaison encastrement

1.4. Le collage

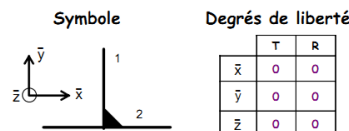
Le collage offre de **nombreux avantages** par rapport aux techniques d'assemblages précédentes et est désormais utilisé dans tous les secteurs de l'industrie. Le collage est parfaitement adapté à l'assemblage de **matériaux différents, minces ou fragiles**. Il faut pour réussir un bon assemblage collé, respecter de **bons états de surface** (préparation chimique), bien tenir compte des **coefficients de dilatation** des matériaux, et **choisir la colle adaptée**.



Exemple	MIP	MAP	Remarque
	Surface cylindrique (+ surface plane pour la roue dentée)	colle	Pas de réglage possible

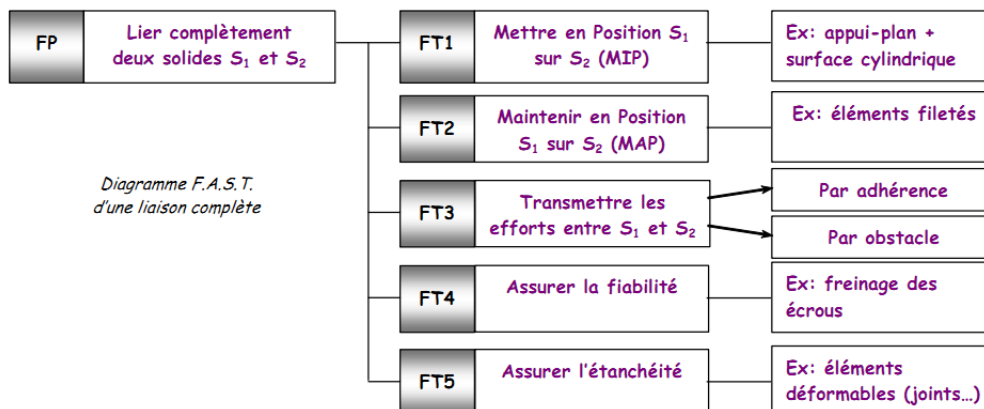
2. Fonction principale et fonction technique d'une liaison encastrement

La fonction principale d'une liaison encastrement démontable est de **lier 2 ou plusieurs solides entre eux**, afin **d'annuler les 6 degrés de libertés** relatifs, tout en laissant la possibilité de supprimer cette liaison par **démontage**.



Les fonctions techniques associées sont les suivantes :

Ex : *liaison culasse / carter cylindre / BV*



Nota : lors des épreuves orales d'analyse de liaisons complètes, on vous demande de détailler complètement la liaison par ses fonctions techniques.

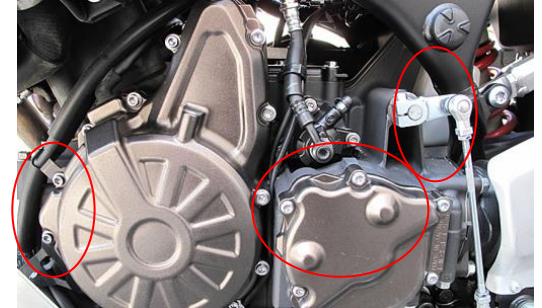
Fonction assemblage - Liaison encastrement

3. Technologie du maintien en position (MAP) par adhérence (FT2)

Cf pour des compléments mémotech à partir de la page 193....

Le maintien en position (MAP) par adhérence est généralement réalisé par des **éléments FILETES**, en particulier pour les liaisons démontables. Les solides sont serrés fortement et assurent l'immobilisation. Ce MAP se fait donc par ADHERENCE et permet de plus :

- de **supprimer les degrés de liberté** restant et non réalisé par la mise en position (centrage, positionnement)
- **d'assurer l'étanchéité** si la fonction est à remplir (plaquage des surfaces, compression des joints...)



a. Les vis d'assemblage

Une vis d'assemblage est caractérisée par :

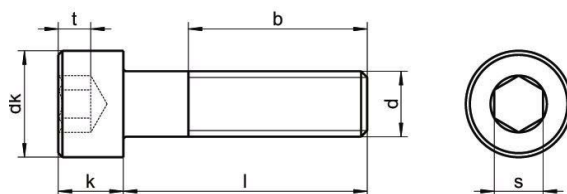
- **La forme de sa tête**
- **Son diamètre nominal d**
- **Sa longueur de corps L**
- **Sa longueur filetée b**

b. Les différents types de vis à connaître

Le serrage le plus énergique est obtenu par les vis à têtes H puis les CHC. Les vis **CHC** ont l'avantage de pouvoir être **noyée dans les carters**. Les vis CHC sont depuis peu remplacées par des **TORX en étoiles**.

<p>Tête hexagonale</p>	<p>Symbole H</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage très énergique ⊗ Existent en boulonnerie haute résistance ⊗ Peu esthétique ⊗ Difficile à noyer <p><i>couple de serrage P/C</i></p>
<p>Tête à 6 pans creux</p>	<p>Symbole CHC</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage énergique ⊗ Existent en boulonnerie haute résistance ⊗ Assez esthétique ⊗ Facile à noyer dans un lamage de faible diamètre
<p>⇨ Utilisée surtout en fabrication</p>		
<p>Tête carrée</p>	<p>Symbole Q</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage très énergique ⊗ Peu esthétique ⊗ Parfaitement adaptée pour le montage dans les rainures en T des tables de machine outil (automatiquement immobilisée en rotation)
<p>Peu utilisées en construction mécanique</p>		

c. Rappel de représentation d'une VIS



<p>Vis à tête fraisée fendue</p>	<p>Symbole FS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage peu énergique par tournevis ⊗ Esthétique ⇨ Obligatoirement noyée dans un lamage conique ⊗ Permet un centrage relatif des deux pièces (MIP) (ce qui peut être un inconvénient par surabondance)
<p>Vis à tête fraisée à 6 pans creux</p>	<p>Symbole FHC</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage assez énergique par clé 6 pans ⊗ Esthétique ⇨ Obligatoirement noyée dans un lamage conique ⊗ Permet un centrage relatif des deux pièces (MIP) (ce qui peut être un inconvénient par surabondance)
<p>Vis à tête cylindrique fendue</p>	<p>Symbole CS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Serrage peu énergique par tournevis ⊗ Esthétique ⊗ Facile à noyer dans un lamage de faible diamètre

d. Les classes de qualité

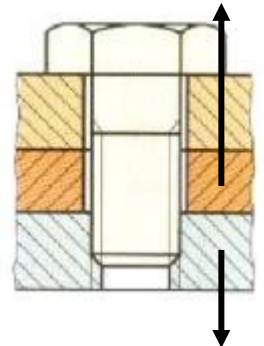
Pour les mêmes dimensions, les vis et écrous peuvent avoir des résistances différentes pour répondre à des usages différents. Cette aptitude à la **résistance est caractérisée par la CLASSE de QUALITE**. Pour le matériau de la vis est résistant, plus la classe est élevée.

marquage des têtes	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
classes de résistance	3.6	4.6	3.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
limite élastique R_e N/mm ² ou MPa	180	240	320	300	400	480	640	720	900	1 080
limite à la rupture R_r N/mm ² ou MPa	330	400	420	500	520	600	800	900	1 040	1 220
A%	25	22	14	20	10	8	12	10	9	8

	$R_e = R_r \times \frac{Y}{10}$ (en N/mm ²) $R_e = S \times Y$ (daN/mm ²)	$R_r = 100 \times S$ (en N/mm ²)		vis CHc	
--	--	--	--	---------	--

La sollicitation RDM normale d'une vis est la **TRACTION**
 Il ne faut pas qu'elle travaille en flexion et cisaillement !

On verra en PT comment dimensionner les VIS.



e. Règles de montage des vis

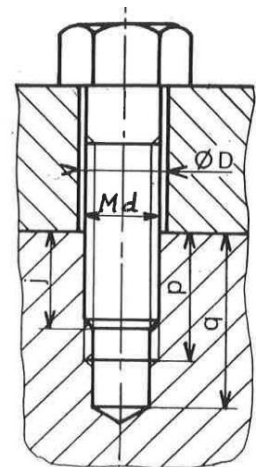
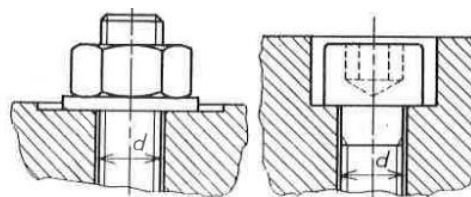
Soit n pièces à assembler, la vis traverse alors librement (n-1) pièces et se visse dans la dernière.

Le dessin ci contre est à connaître par cœur.

Implantation :
 Pour les métaux durs (aciers...) : $j > d$
 Pour les métaux tendres (alu, cuivre...) : $j > 1.5d$

Les surfaces d'appuis sont planes et peuvent être :

- **Un plan**
- **Un lamage**
- **Un chambrage (noyée)**



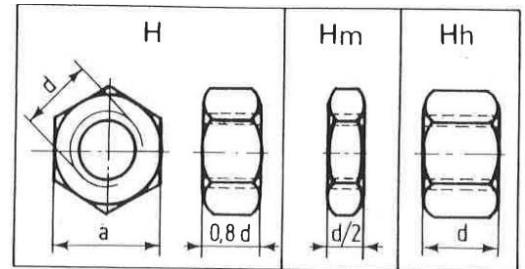


Fonction assemblage - Liaison encastrement

f. Les écrous

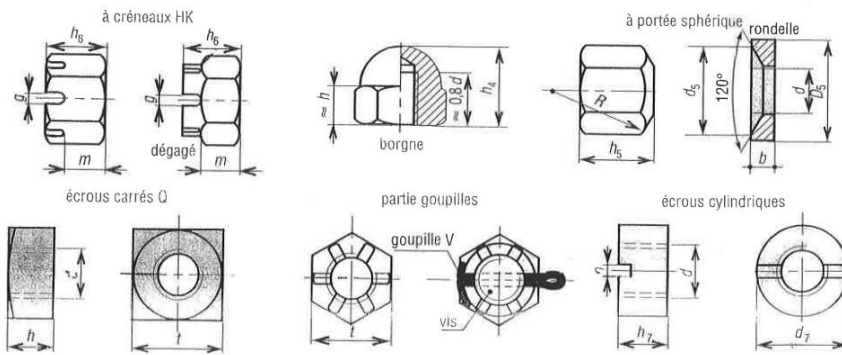
Les écrous les plus utilisés sont les **hexagonaux** qui existent en 3 hauteurs :

Ecrou usuel : **H** avec $h=0.8d$
 Ecrou bas : **Hm** avec $h=0.5d$ (*contre écrou souvent*)
 Ecrou haut : **Hh** avec $h=d$



nota : pour représenter un écrou, utilisez votre gabarit de cercle.

Voici les **autres types d'écrous** rencontrés :



g. Les boulons

Un boulon est un **ensemble vis + écrou** (*de même ϕ nominal*).

Quand utiliser un boulon ?

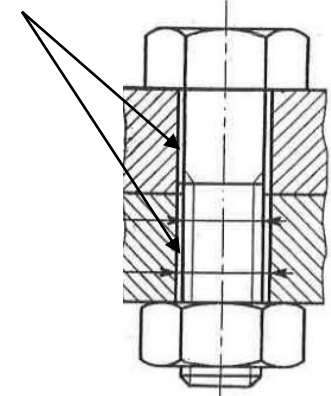
- Lorsque les pièces sont de trop **faibles épaisseurs** pour implanter une vis,
- Il est plus économique de percer que de tarauder une pièce,
- Lorsque les efforts ou **couples sont importants**.

Inconvénient : il faut 2 clés plates pour serrer l'assemblage

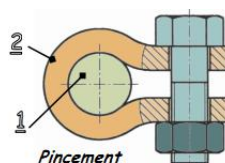
Désignation :

Ex : **Boulon H, M12-60 avec écrou Hm, 5.6**
 C'est un boulon de $\phi 12\text{mm}$, longueur 60mm avec un écrou hexagonal bas et de classe 5.6 ($Re=300, Rm=500$)

Attention : trou lisse sur 2 pièces !



Réalisation particulières par pincement :





Fonction assemblage - Liaison encastrement

h. Les goujons

Un goujon est un **ensemble tige filetée à ses 2 extrémités + un écrou** de même ϕ nominal.

Quand utiliser un goujon?

- En remplacement d'un boulon si les **pièces sont très épaisses**, on les appelle parfois **des tirants**

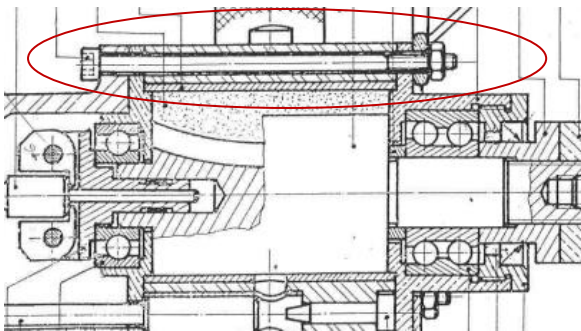
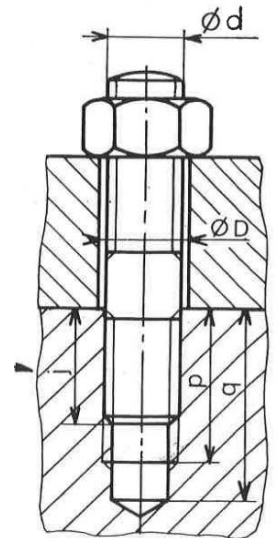
Règles de montage des goujons :

Implantation du goujon dans la pièce taraudé comme une vis
(si métaux durs : $j > d$, si métaux tendres : $j > 2d$)

Désignation :

Ex : **Goujon M12-90 bm18, 8-8**

C'est un goujon de $\phi 12\text{mm}$, longueur 90mm avec une implantation de 18mm (bm ou j) et de classe 8.8

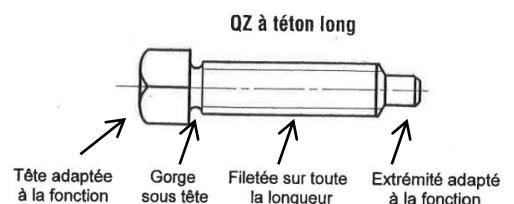
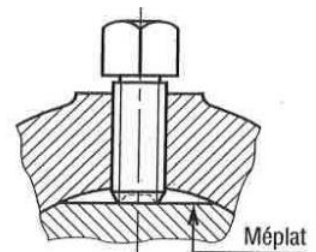
i. Les vis de pression, d'arrêt ou de guidage

Une vis de pression est un moyen utilisé pour des liaisons encastrement **démontable et REGLABLE**. La pression de la vis sur l'élément à immobiliser maintient en position l'ensemble (c'est de l'**adhérence**). Elles représentent des solutions **simples et économiques**.

Elles permettent d'assurer différentes fonctions suivant la forme de leur extrémité :

- **Réglage par adhérence,**
- **Fixe positionnée,**
- **Guidage en translation...**

Attention : peu précis, sollicitations faibles, petits mécanismes.



Fonction assemblage - Liaison encastrement

Les différents types de têtes et extrémités:

Designation	Représentation	Symbole
• Tête hexagonale étroite		HZ
• Tête carrée ordinaire		OZ
• Petite tête carrée ordinaire		OZ
• Tête cylindrique étroite		CZ
• Sans tête et fendue		-
• Sans tête à six pans creux		HG

Bout plat 	Bout tronconique 	Bout cuvette 	Bout pointu
Téton court 	Téton long 	Bout bombé 	

Exemple de réalisations :

Voici quelques exemples de montage de vis de pression rencontrés couramment :

Types	Représentations	Fonctions
Vis à bout plat , forme de tête au choix		<ul style="list-style-type: none"> - Condition de serrage : $m_1 < m_2$ (A possible, B impossible) - Utilisé pour des serrages fragiles et peu fréquents.

Fonction assemblage - Liaison encastrement

<p>Vis à tétons courts</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Ce type de montage permet d'effectuer un serrage énergétique Ex : porte outil de tour
<p>Vis à bout en cuvette</p>		<ul style="list-style-type: none"> - La concentration de l'effort de serrage se fait sur l'extrémité des lèvres de la vis (forte pression circulaire)
<p>Vis à téton long</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Utilisé pour faire un guidage en translation. Seul le téton s'engage dans la rainure. - Utilisé pour faire un guidage en rotation. Seul le téton s'engage dans la rainure circulaire.
<p>Vis à bout pointu (ou vis pointeau)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Le bout pointu permet un positionnement précis d'une pièce par rapport à une autre - On l'utilise aussi pour freiner un écrou, une pièce...

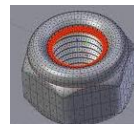
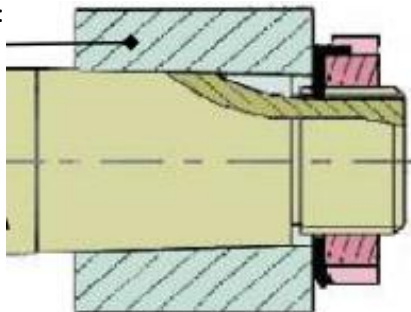
4. Assurer la FIABILITE (FT4)

Dans certains mécanismes, le MAP doit être réalisé de façon **sûre et fiable** tout en restant potentiellement démontable. Pour cela on a recourt à des éléments spéciaux de MAP. Voici les plus classiques :

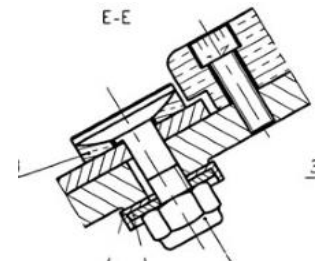
Ecrous freins :



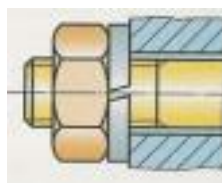
Ecrous à encoche SKF



Ecrou frein nylstop



Rondelles freins :





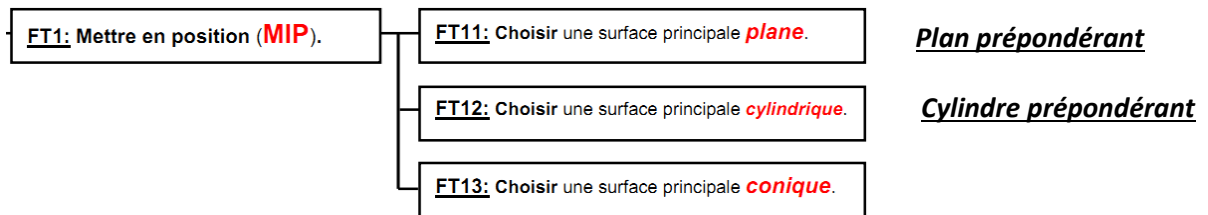
Fonction assemblage - Liaison encastrement

5. Technologie de la mise en position (MIP) (FT1)

La mise en position des pièces (MIP) avant serrage (MAP) est très importante pour le fonctionnement du mécanisme. Elle est prévue pour aider à l'assemblage des composants, mais surtout pour positionner correctement les surfaces fonctionnelles les unes par rapport aux autres, garant des conditions (J) et donc de la fiabilité.

La MIP correspond donc au nombre de DDL supprimés par l'association des surfaces de contact entre les pièces.

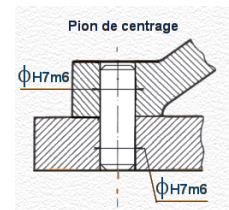
a. Décomposition fonctionnelle de la MIP



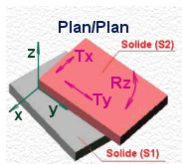
b. MIP par appui plan prépondérant

1. Solution avec grand appui plan et pions de centrage

Lors de l'assemblage de pièces de grandes dimensions comme les carters, on utilise une MIP par pions de centrage pour positionner les pièces entre elles. Le contact plan/plan entre les 2 pièces ne bloque que 2 rotations (Rx, Ry) et une translation (Tz).



Les pions sont montés H7m6 dans les carters

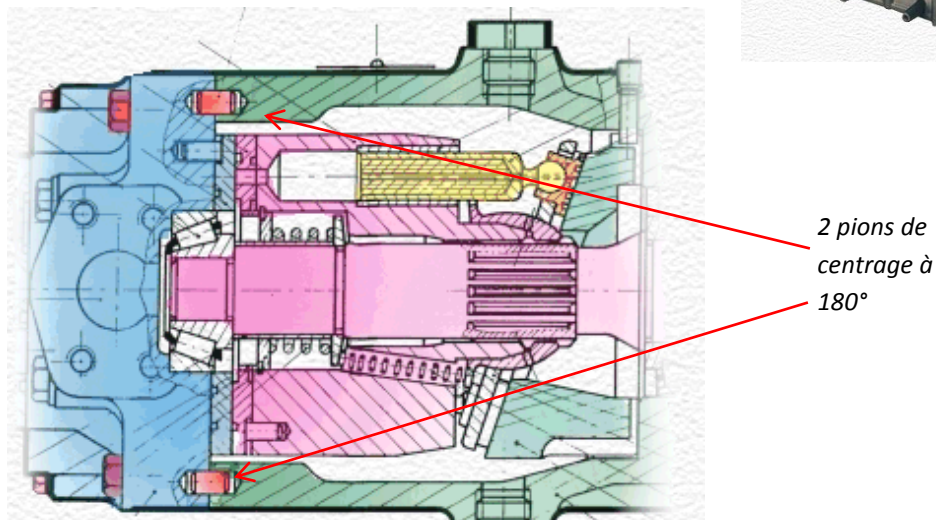
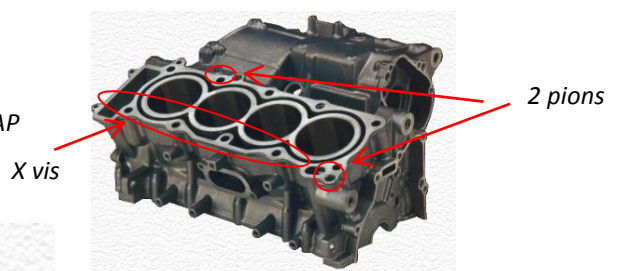


L'ajout d'un pion annule les 2 translations restantes (Tx, Ty). Pour assurer la position angulaire au montage, on rajoute un 2^{ème} pion qui assure l'antirotation Rx. On obtient une MIP précise, couramment utilisée mais hyperstatique.

Exemple liaison carter cylindre / culasse :

Placer 2 pions pour MIP puis les vis ou goujons pour MAP

Exemple sur une pompe hydraulique SAUER :



Fonction assemblage - Liaison encastrement

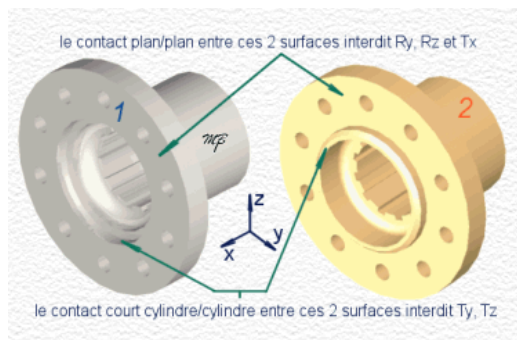
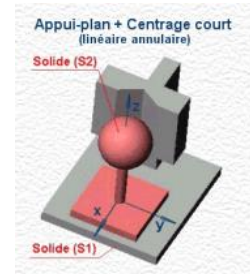
2. Solution avec appui plan et centrage court

Cette **solution est très utilisée** dans le cas d'assemblages fortement sollicités en puissance ou en étanchéité. On veillera à respecter des proportions telles que $L/D < 0.1$ afin d'assurer une MIP isostatique.

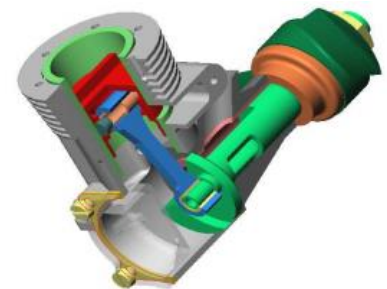
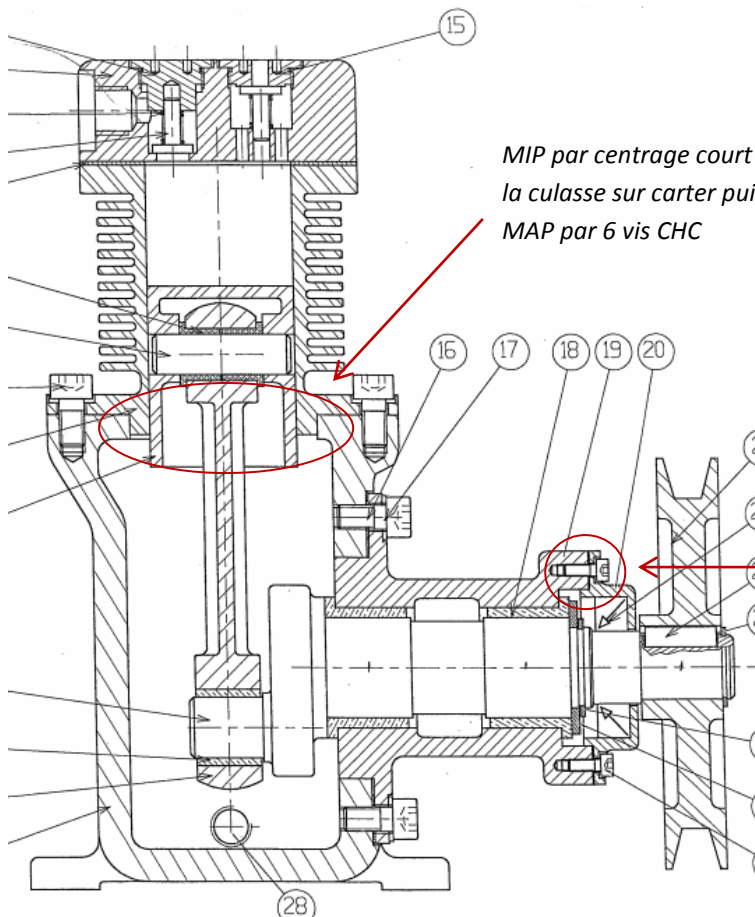
C'est quoi un centrage court ?

C'est un **assemblage cylindre/cylindre** par contact de type **épaulement court**. Cette solution guide le positionnement de la pièce avant serrage. Reste l'orientation angulaire en libre (on pourra rajouter un pion).

Solution très répandue à connaître par cœur !



Exemples sur le compresseur mono cylindre :



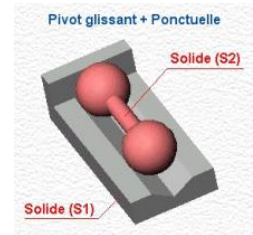
MIP par centrage court du chapeau sur corps puis MAP par 6 vis CHC

Fonction assemblage - Liaison encastrement

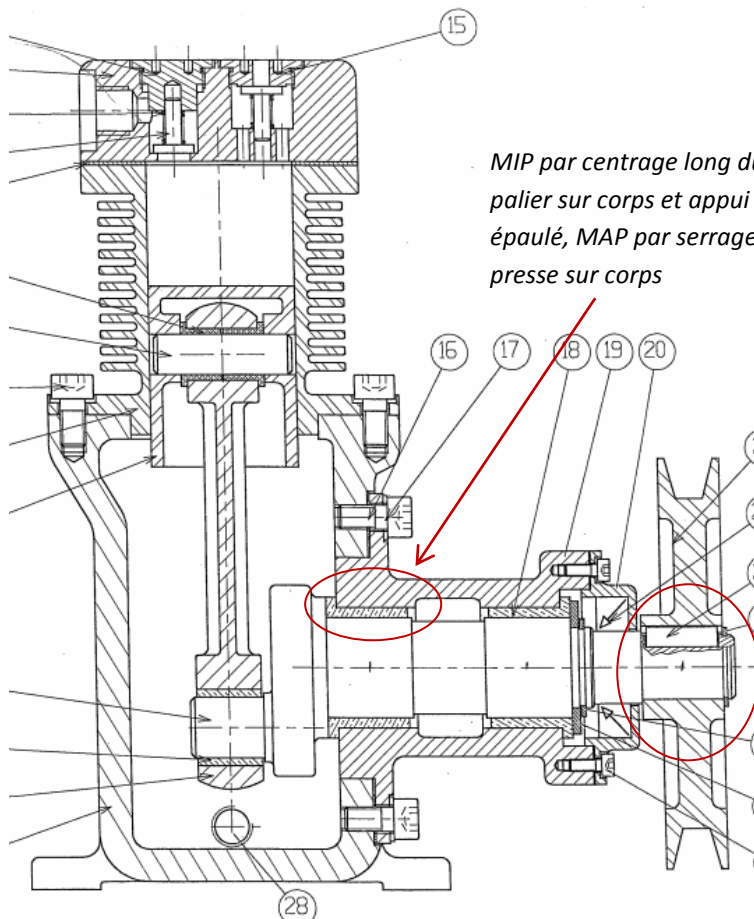
c. MIP par cylindre prépondérant

Ce type de MIP permet un **centrage long cylindre/cylindre + petit appui sur épaulement (PG + Ponctuelle)**. C'est une solution économique (peu de copeaux). On veillera à assurer un rapport $L/D > 1$. De plus le diamètre d'épaulement ne doit pas être trop supérieur au diamètre de centrage afin de garantir un positionnement isostatique et limitant les frottements.

L'arrêt en translation est réalisé par un **MAP** (vis, goujons....). **L'arrêt en rotation** est assuré par un **obstacle** (clavette, goupille...).

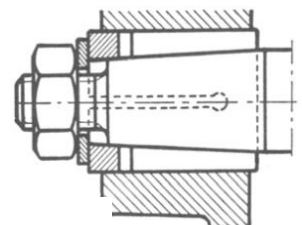


Exemples sur le dessin d'ensemble du compresseur :



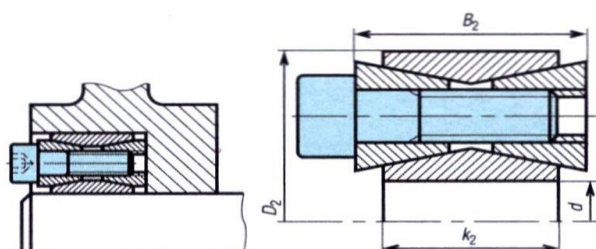
MIP par centrage long du palier sur corps et appui épaulé, MAP par serrage à la presse sur corps

MIP poulie par centrage long sur extrémité arbre et appui épaulement sur arbre (ponctuelle), MAP par anneau élastique et clavette pour transmission de puissance



d. MIP par cône prépondérant

Après usinage des surfaces coniques, il n'y a **aucun réglage possible axial**. L'usinage d'un cône est assez difficile et plus couteux qu'un cylindre. Cependant la liaison **est très rigide et assure un très bon centrage** des pièces.



Ex : liaison arbre/moyeu par déformation et adhérence d'une bague conique

6. La fonction transmission des efforts (FT3)

La **transmission des efforts** (FT3) entre les 2 pièces peut être soit en translation soit en rotation.

La transmission des efforts et donc de la **puissance** peut être réalisée par :

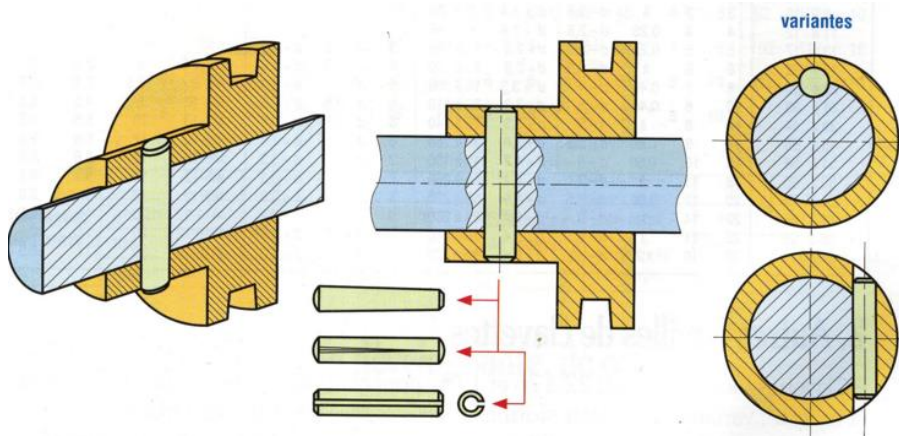
- **OBSTACLES**
- **ADHERENCE**

6.1. Transmission de puissance par obstacles

Elle est assurée par des **surfaces de contact** et par des **organes de serrage**. En cas d'efforts importants (statiques et dynamiques), on ajoutera des **OBSTACLES (goupille, clavette, cannelure...)** pour éviter les risques de glissement des surfaces par dépassement de la limite d'adhérence.

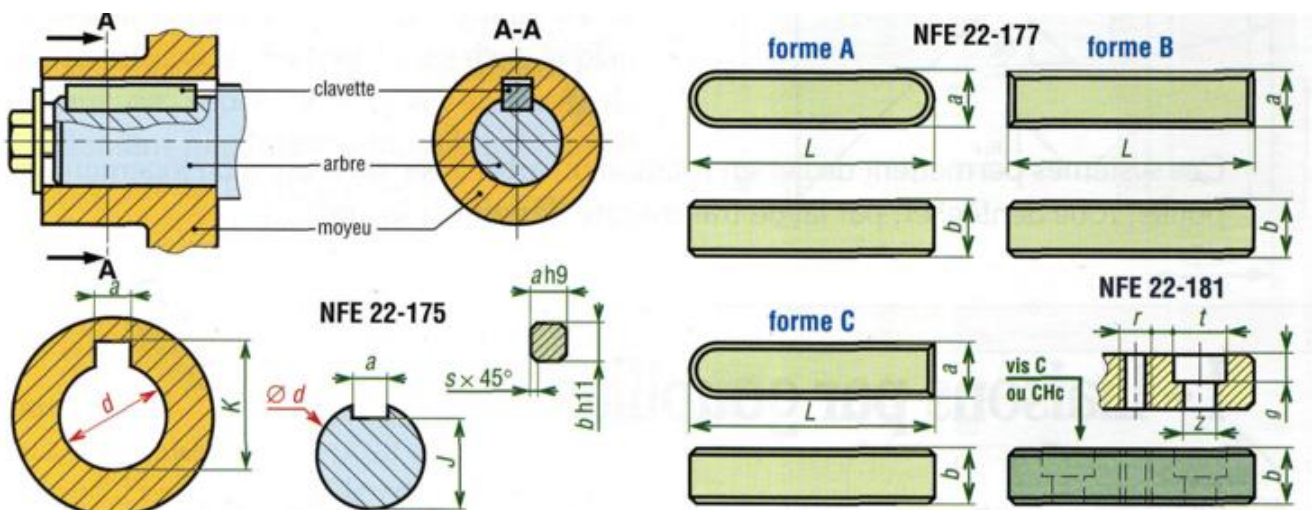
a. Goupille

Une cheville métallique traverse les 2 pièces assemblées.
Simplicité, coût réduit, couple transmissible peu important.



b. La clavette

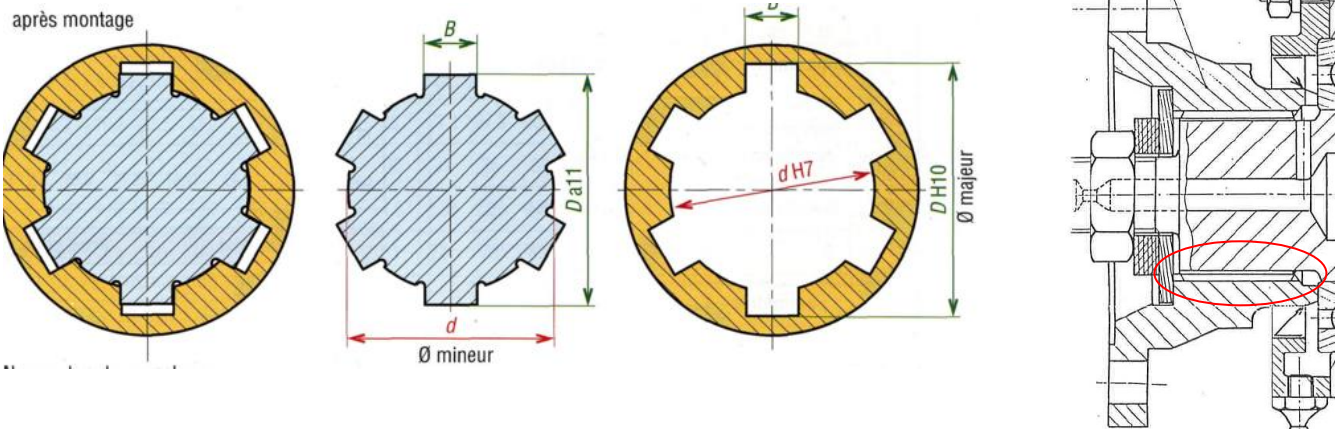
Une clavette permet de supprimer une rotation entre 2 pièces.
Rainures à usiner arbre/moyeu, bon couple transmissible



Fonction assemblage - Liaison encastrement

c. La cannelure

Une cannelure est un usinage réalisé permettant d’obtenir plusieurs surfaces type obstacle.
Usinages coupeux, très fort couple transmissible, très bon guidage en translation.

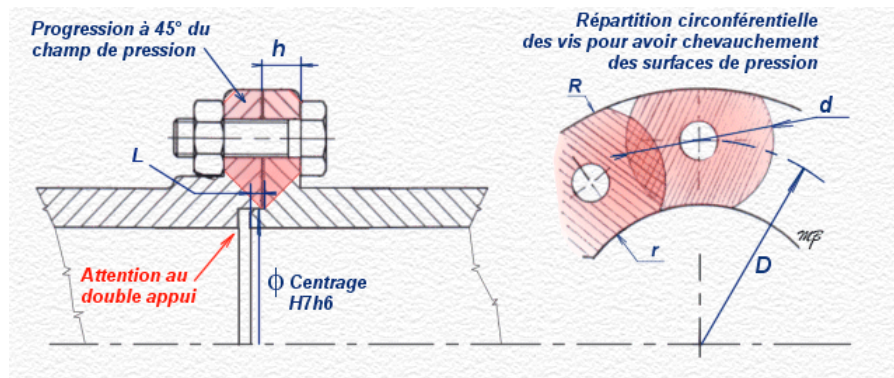


Nota : on détaillera le dimensionnement de ces éléments aux sollicitations en fin d’année

6.2. Transmission de puissance par adhérence

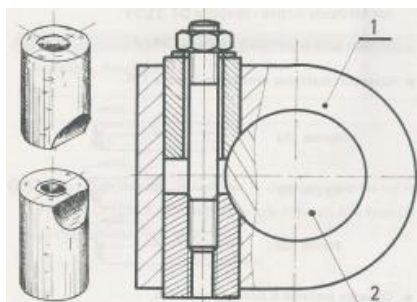
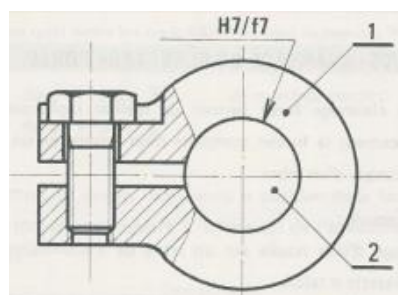
Elle est réalisée par des éléments vissés. C’est le serrage de ces éléments qui crée une adhérence forte entre les pièces permettant une transmission de puissance (souvent en rotation).

Exemple : assemblage boulonné de 2 pièces



Exemple : assemblage par pincement

Exemple : assemblage par tampons tangents



6.3. Quelques exemples de liaisons encastrement

<p>arbre alésage</p>	<p>Qualification Liaison complète démontable par adhérence</p>	<p>MIP arbre/alésage Surface cylindrique Surface plane</p>	<p>MAP arbre/alésage Vis à tête hexagonale Rondelle plate</p>
<p>arbre alésage</p>	<p>Qualification Liaison complète démontable par adhérence</p>	<p>MIP arbre/alésage Surface conique</p>	<p>MAP arbre/alésage « Coincement » Rondelle plate Ecrou hexagonal</p>
<p>Bras de poulie Arbre</p>	<p>Qualification Liaison complète démontable par obstacle</p>	<p>MIP arbre/bras de poulie Surface cylindrique Surface plane</p>	<p>MAP arbre/bras de poulie Clavette parallèle circlips</p>

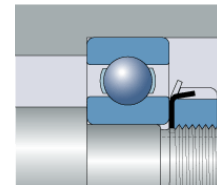
7. Les éléments d'arrêts en translation associés à la MIP et au MAP

Pour réaliser une liaison complète démontable et **parfois réglable**, il est souvent nécessaire de placer en appui entre les éléments des **rondelles, des entretoises, des épaulements**.... Ces pièces permettent le **rattrapage des jeux** internes dans le temps, et **participent à la MIP ou au MAP**.

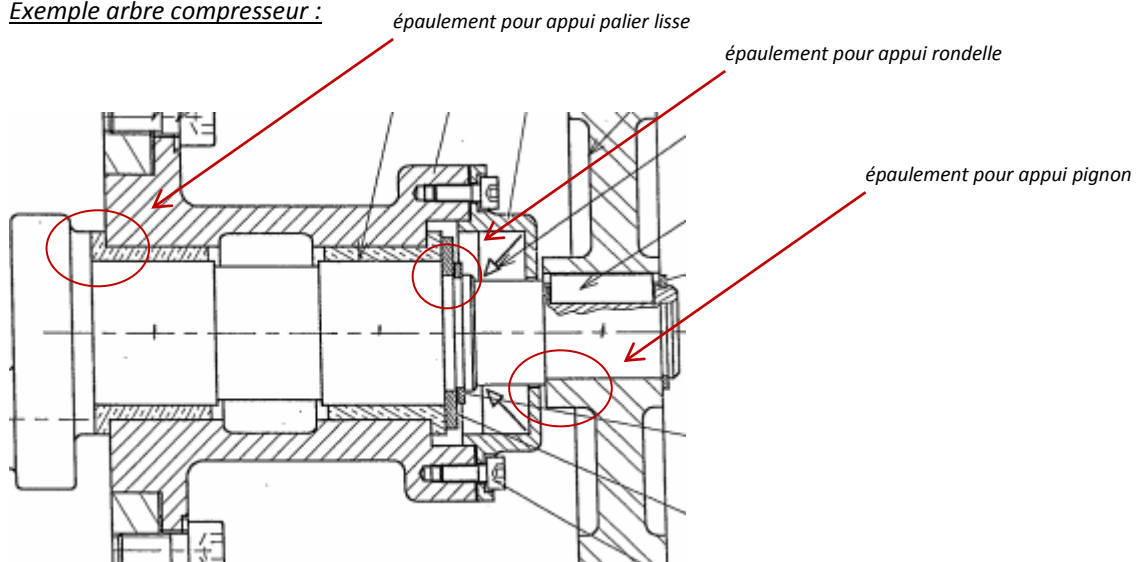
a. Les épaulements

Les épaulements sont des **variations de diamètre** sur les arbres ou les alésages permettant de faire des surfaces planes d'appui aux éléments devant être arrêtés en translation (roulement, bagues, pignons....).

Il faut être vigilant à la taille de l'épaulement / élément à maintenir pour éviter le risque de matage de la surface (si trop petit) ou au contraire le sur-frottement (si trop grand).



Exemple arbre compresseur :



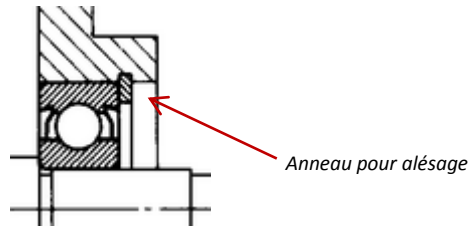
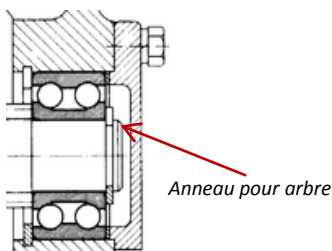
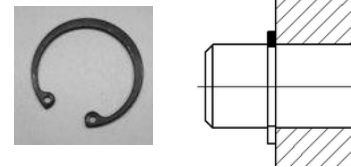
b. Les anneaux élastiques (circlips)

Les anneaux élastiques sont des **composants d'assemblage mécanique** généralement **montés dans des gorges** réalisées sur des portées cylindriques extérieures (arbres ...) ou dans des **alésages**. Ils permettent de réaliser des **arrêts axiaux, des rattrapages de jeu** destinés à réduire le bruit de fonctionnement des mécanismes, etc.

Ils sont très utilisés pour **arrêter les roulements en translation**.

Attention : ils n'encaissent que de faibles efforts, pas comme une vis !

Exemples d'application ci contre.



c. Les rondelles et entretoises

Une rondelle est un **disque mince** avec un trou, habituellement au centre. Elle est utilisée pour supporter la pression d'une **vis** et **mieux la répartir** sur la surface à comprimer.

Il existe un grand nombre de rondelles : des plates, des élastiques, en cuvette, coniques, ondulées, à dents, Grower...

Les **entretoises** sont des bagues, qui peuvent être usinées ou du commerce, en tout type de matériau, servant à **relier 2 surfaces éloignées devant être en contact**.



Elles peuvent être **de toutes formes**, pour épouser les contours des pièces entre lesquelles elles sont intercalées.

Exemples :

