

Encastements

1. Définition

Deux pièces en contact qui sont rendues immobiles l'une par rapport à l'autre, sont dites encastées.

Exemple : assemblage d'une roue sur un arbre

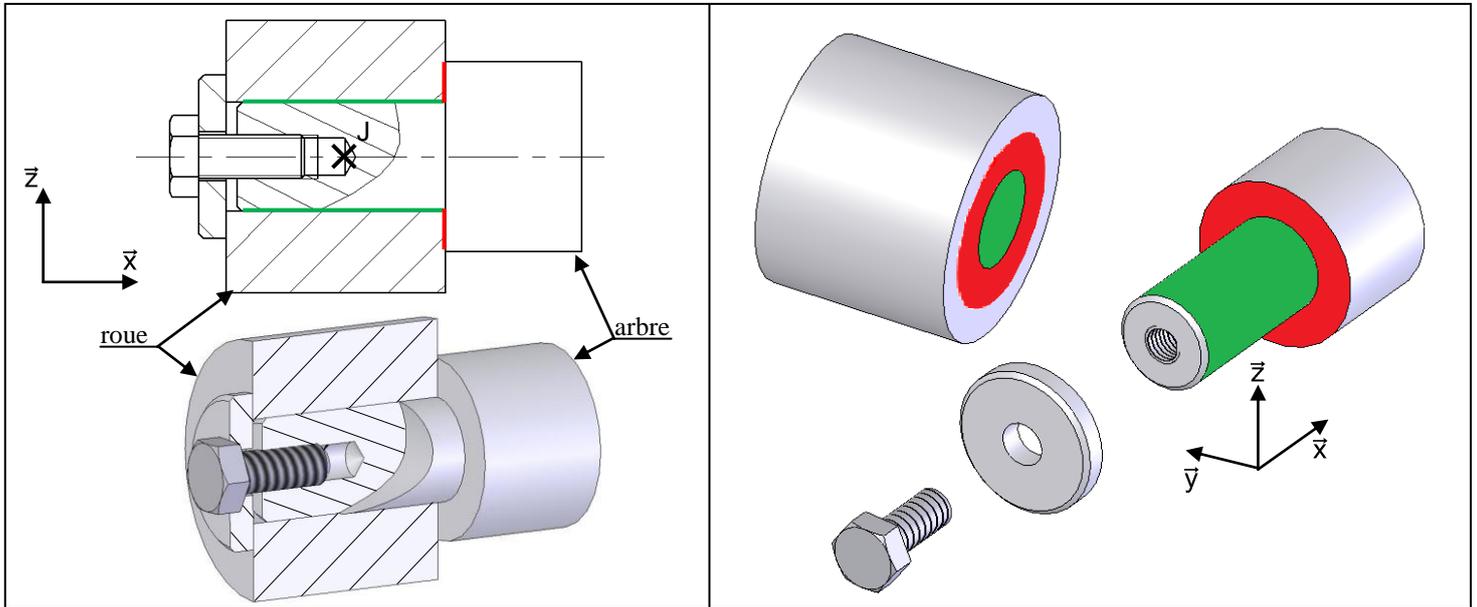


Tableau des mobilités entre la roue et l'arbre :

Mobilité supprimée par le contact plan/plan

T_x	R_{Jx}
T_y	R_{Jy}
T_z	R_{Jz}

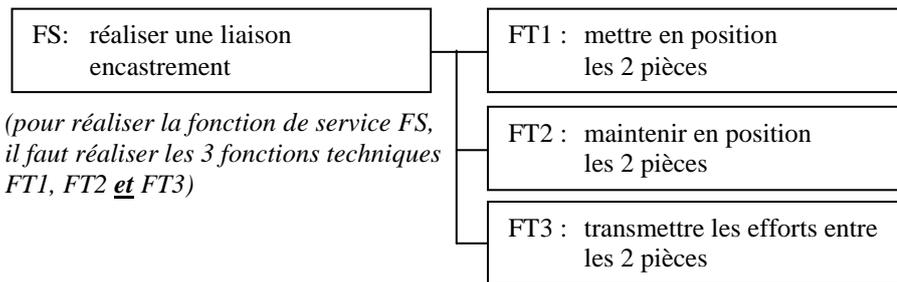
Mobilité supprimée par le serrage de la vis dans le taraudage, la rondelle et l'adhérence entre ces pièces

Mobilités supprimées par le contact cylindre/cylindre

Toutes les mobilités sont donc supprimées. Il s'agit donc bien d'un encastement.

Synonymes du terme « liaison encastement » : liaison complète, assemblage.

2. Fonctions techniques à assurer par une liaison encastement



Exemple de solutions techniques

Surfaces de contact cylindriques et surfaces de contact de contact planes des 2 pièces

Vis + taraudage de l'arbre (+ rondelle)

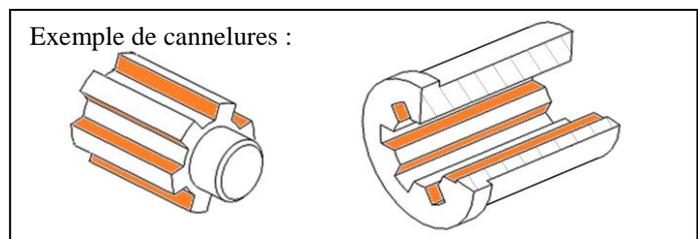
Matériaux « suffisamment » résistants et dimensions des pièces « suffisamment » grandes par rapport aux efforts à transmettre

3. Solutions techniques pour assurer FT1 (mettre en position)

La MIP (Mise en Position) entre 2 pièces est assurée :

- principalement par les surfaces de contact entre 2 pièces (voir exemple ci-dessus),
- éventuellement par des composants standards intercalés entre les 2 pièces (clavette...).

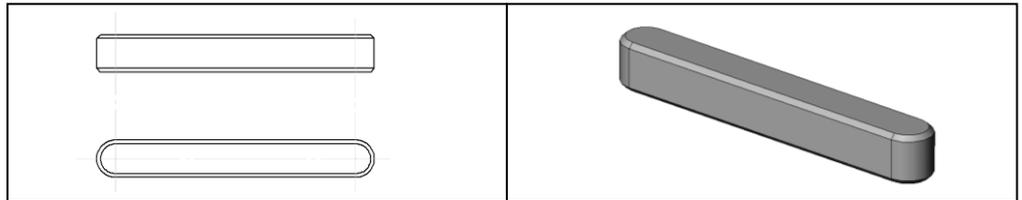
Surface de MIP particulière : cannelures



Exemples de composants standards assurant la MIP

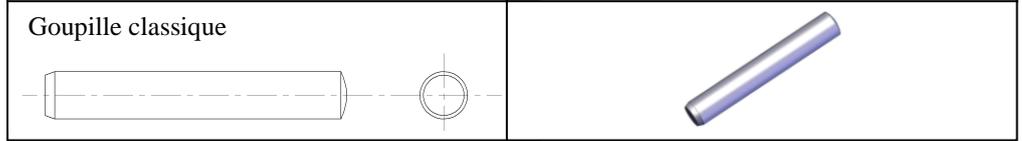
Clavette

(montée dans une rainure pour bloquer en rotation un arbre dans un alésage, voir exemple 6.2)



Goupille

(généralement, montée en force : voir 4.3 ; utilisée aussi comme MAP)



Anneau élastique (voir 4.1 MAP) dans certains cas particuliers

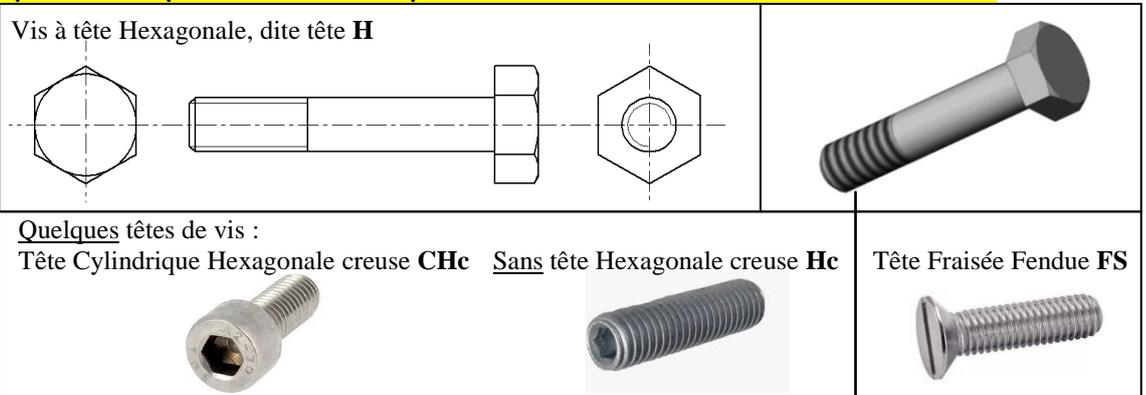
4. Solutions techniques pour assurer FT2 (maintenir en position)

Le MAintien en Position (MAP) empêche le démontage des pièces, et il est assuré :

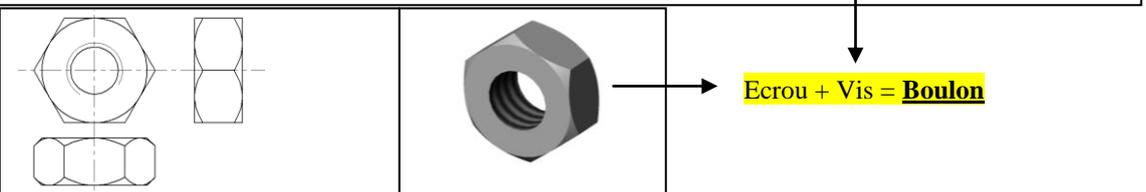
- soit par l'utilisation de procédés d'assemblage particulier (soudage, collage...),
- soit par l'intermédiaire de composants standards (vis, anneau élastique...). Dans un encastrement, ces pièces sont montées à la fin (après la MIP).

4.1. Exemples de composants standards pour réaliser des encastrement démontables

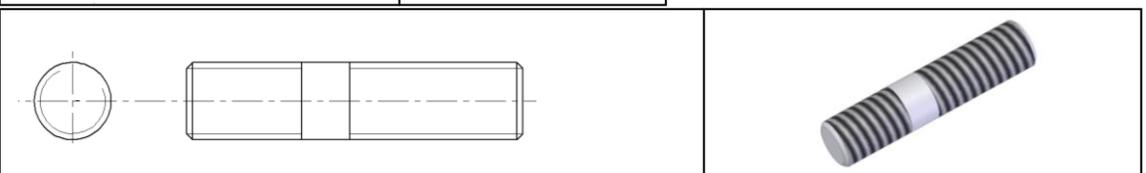
Vis



Ecrou



Goujon



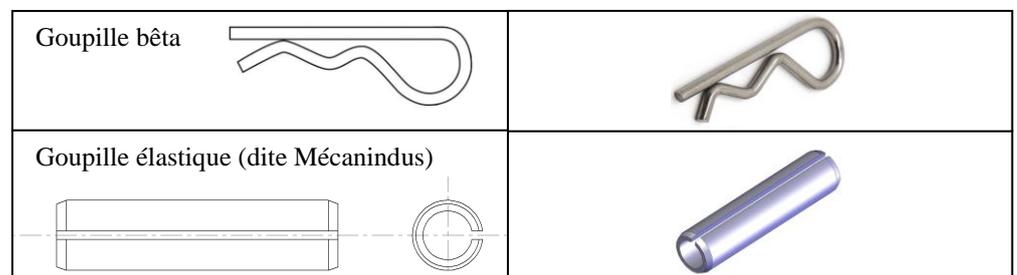
Rondelles, en complément des éléments précédents, pour augmenter l'adhérence sous tête (voire augmenter la surface d'appui de serrage avec des rondelles « épaisses » et limiter l'usure des pièces principales encastées lors de vissages-dévisssages « fréquents »)



« **Frein filet** », en complément d'un assemblage fileté (sorte de colle qui ne sèche qu'entre un filetage et un taraudage, appelé parfois Loctite, du nom du fabricant)

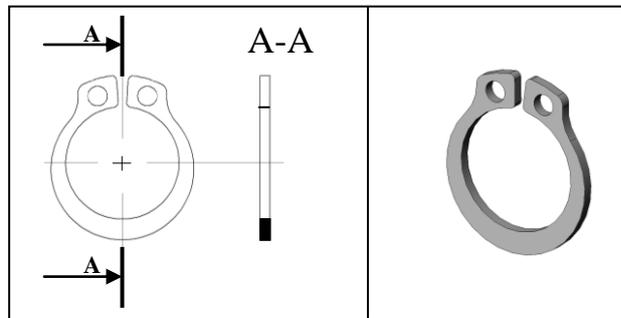
Goupilles

(assurent généralement MAP et MIP en même temps ; voir également exemple 3. MIP)



Anneau élastique

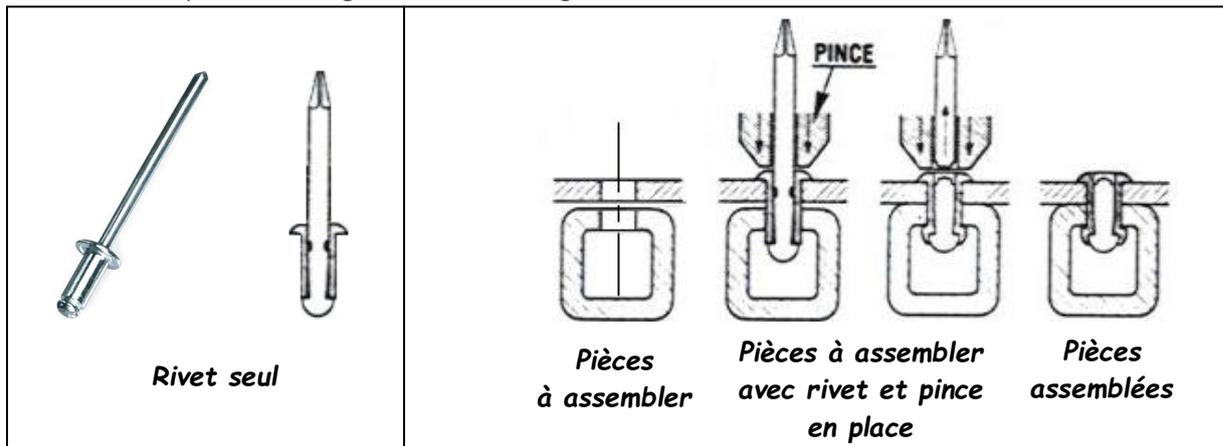
(appelé communément **circlips**, monté dans une gorge pour bloquer axialement une pièce sur un arbre : voir exemple 6.2, sans pour autant devoir supporter des efforts axiaux « importants »)



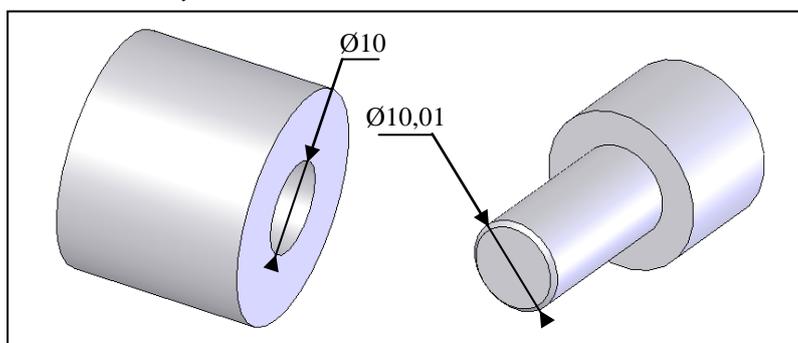
4.2. Solutions non démontables

- soudage,
- collage,
- rivetage :

Exemple du montage d'un rivet aveugle (dits « rivets POP ») :

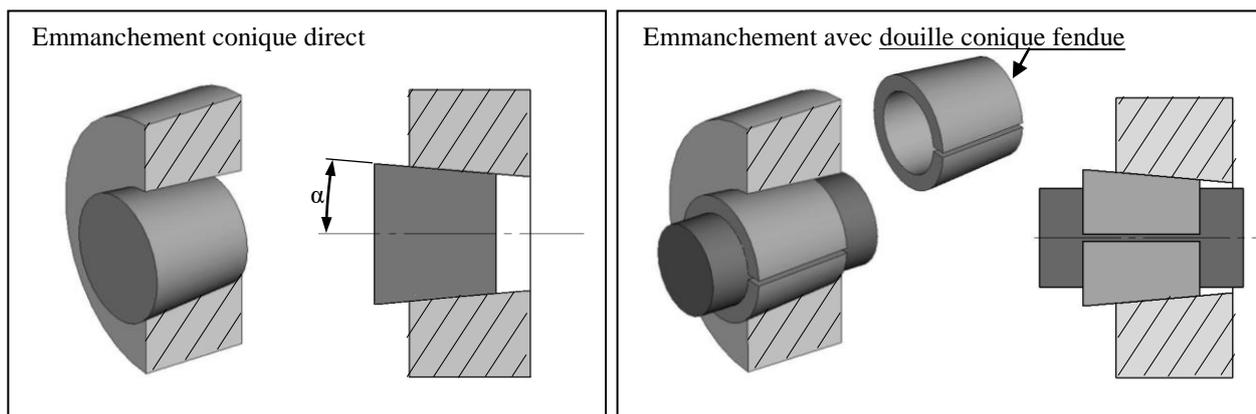


- **emmanchement à force (= pièce montée « serrée » = pièce « frettée »)** : le diamètre de l'arbre est légèrement plus grand que le diamètre de l'alésage (quelques microns, voire centièmes de mm).



4.3. Solutions à base d'emmanchement conique à faible pente

Des pièces coniques mâle et femelle réalisent un encastrement direct quand le demi-angle au sommet des surfaces coniques (α) est inférieur à l'angle d'adhérence entre les 2 matériaux (φ). Ce type d'encastrement est démontable.



5. Caractéristiques d'une liaison (cas général)

<p>PARTIELLE</p> <p>S'il y a une ou plusieurs mobilités entre les <u>2</u> pièces <u>principales</u></p>	<p>OU</p>	<p>COMPLETE</p> <p>S'il n'y a pas de mobilité entre les <u>2</u> pièces <u>principales</u></p>
<p>DEMONTABLE</p> <p>Lorsque les pièces intervenant dans la liaison peuvent être séparées sans aucune détérioration</p>	<p>OU</p>	<p>INDEMONTABLE</p> <p>Lorsqu'il est nécessaire de détériorer une pièce pour démonter la liaison</p>
<p>DIRECTE</p> <p>Si les <u>2</u> pièces <u>principales</u> sont les seules à intervenir dans la liaison</p>	<p>OU</p>	<p>INDIRECTE (ou par organe)</p> <p>Si la liaison nécessite une ou plusieurs pièces auxiliaires</p>
<p>PAR OBSTACLE</p> <p>Si la transmission d'une action mécanique trop grande entre les <u>2</u> pièces <u>principales</u> entraîne la détérioration d'une pièce de la liaison</p>	<p>OU</p>	<p>PAR ADHERENCE</p> <p>Si pour au moins une direction d'action mécanique, une trop forte intensité entraîne un glissement entre les <u>2</u> pièces <u>principales</u></p>
<p>POSITIONNEE</p> <p>Si la position relative des <u>2</u> pièces <u>principales</u> est unique</p>	<p>OU</p>	<p>REGLABLE</p> <p>Si la position relative des <u>2</u> pièces <u>principales</u> est modifiable, soit de façon incrémentale (pas à pas), soit de façon continue</p>
<p>RIGIDE</p> <p>Si aucune variation de position n'est possible entre les <u>2</u> pièces <u>principales</u></p>	<p>OU</p>	<p>ELASTIQUE</p> <p>Si les <u>2</u> pièces <u>principales</u> ont une position d'origine moyenne autour de laquelle il y a des variations possibles, avec retour élastique en position d'origine (comme certains « accouplements élastiques » entre 2 arbres non-coaxiaux).</p>
<p>PERMANENTE</p> <p>Si la nature cinématique de la liaison, dans les diverses phases d'utilisation du mécanisme, est invariable. Généralement, un outil est alors nécessaire pour démonter l'encastrement.</p>	<p>OU</p>	<p>TEMPORAIRE</p> <p>Si la liaison peut changer de nature suivant la phase d'utilisation. Généralement, l'encastrement peut alors être démonté sans outil, avec par exemple un levier, une molette, une tête papillon/à oreilles sur une vis ou un écrou... :</p> 

6. Quelques exemples de liaisons encastrement

Exemple n°1 : appui-plan avec centrage court ($L/D < 1$)

MIP : — plan sur plan
— cylindre dans cylindre

6 vis dans 6 trous de passage des 2 pièces (MIP de mauvaise qualité à cause du jeu visible et important entre ces pièces)

MAP : 6 boulons

Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

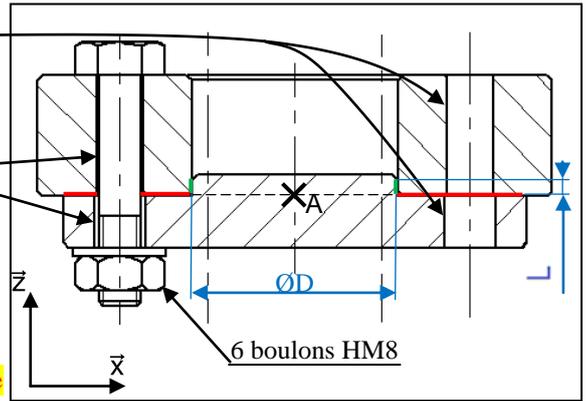
0 mobilités \Rightarrow encastrement

$T_{\bar{x}}$	$R_{A\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{A\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{A\bar{z}}$

Caractéristiques :

- complète
- démontable
- indirecte (6 boulons)
- par obstacle, néanmoins, ceci est critiquable car cela nécessite de considérer que :
 - une des 6 vis bloque les 2 pièces en rotation autour de $A\bar{z}$, alors qu'on évite de faire travailler les vis en cisaillement,
 - et l'action mécanique en rotation entre les 2 pièces soit toujours dans le même sens, car sinon il y a risque de très léger glissement entre celles-ci à cause des jeux entre les vis et les trous de passage.
- réglable (autour de $A\bar{z}$ par sixième de tour, voire très légèrement à cause des jeux entre les vis et les trous de passage)
- rigide
- permanente (si les boulons étaient à oreilles, temporaire)

NOTA 2 : le centre de liaison A est situé au centre de la surface de contact la plus grande



NOTA 1 : L et D, longueur et diamètre de la surface de contact cylindrique entre les 2 pièces

Exemple n°2 : centrage long ($L/D > 1$)

MIP : — cylindre dans cylindre
— plan sur plan
clavette + 2 rainures

MAP : anneau élastique (circlips) + gorge

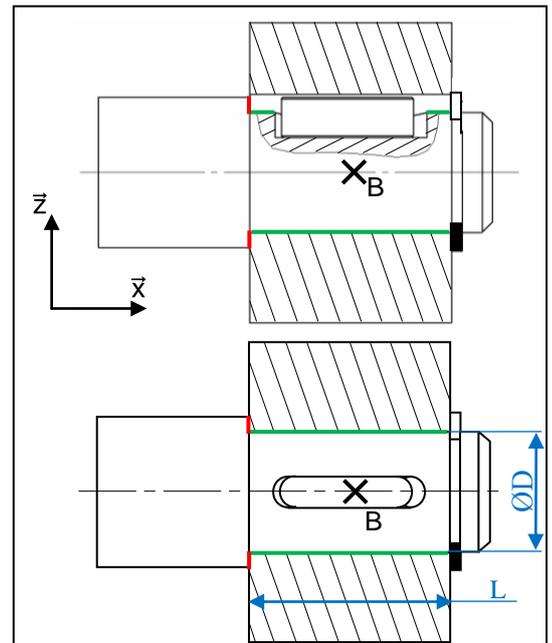
Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

0 mobilités \Rightarrow encastrement

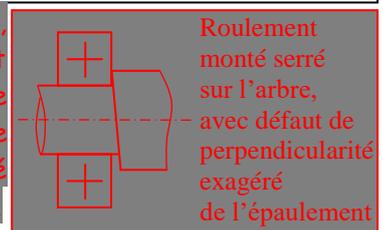
$T_{\bar{x}}$	$R_{B\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{B\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{B\bar{z}}$

Caractéristiques :

- complète
- démontable
- indirecte (clavette + anneau élastique)
- par obstacle
- réglable (autour de $B\bar{z}$ ou de $B\bar{y}$ par retournement)
- rigide
- permanente



Remarque sur la définition des centrages long et court : en réalité, la simple comparaison de la longueur et du diamètre de la surface de contact cylindrique (L / D) ne suffit pas toujours pour savoir s'il s'agit d'un centrage long ou court, car il faut prendre en considération le jeu, voire le serrage entre les 2 pièces. Ainsi, un roulement monté serré sur un arbre est bien plus orienté par le contact cylindre/cylindre que par le contact plan/plan, alors que $L/D < 1$...



Exemple n°3 :

MIP : — plan sur plan
— plan sur plan

1 vis dans 1 trou de passage des 2 pièces (MIP de mauvaise qualité à cause du jeu visible et important entre ces pièces)

MAP : un boulon

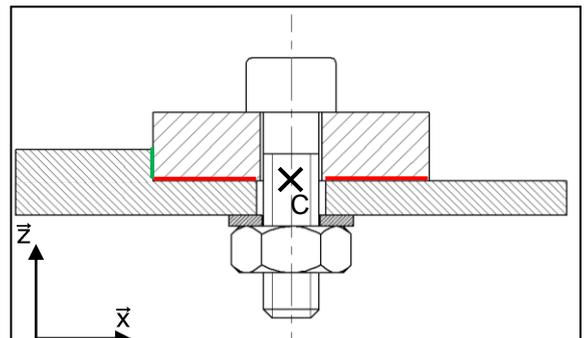
Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

0 mobilités \Rightarrow encastrement

$T_{\bar{x}}$	$R_{C\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{C\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{C\bar{z}}$

Caractéristiques :

- complète
- démontable
- indirecte (1 boulon)
- par obstacle (critiquable, voir exemple n°1)
- réglable (autour de $C\bar{y}$ ou de $C\bar{z}$ par retournement)
- rigide
- permanente



Exemple n°4 : encastrement par pincement

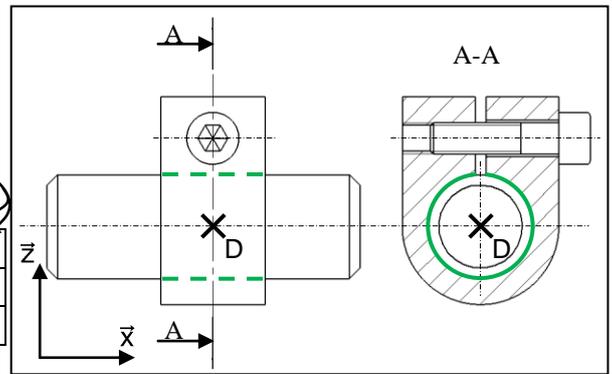
MIP : — cylindre dans cylindre

MAP : vis + taraudage + fente + épaisseur « relativement fine » de la pièce en forme de collier pour lui donner de la souplesse

Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

0 mobilités ⇒ encastrement

$T_{\bar{x}}$	$R_{D\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{D\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{D\bar{z}}$



Caractéristiques :

- complète
- démontable
- indirecte
- par adhérence
- réglable en translation suivant \bar{x} et en rotation autour de $D\bar{x}$
- rigide
- permanente

Exemple n°5 :

MIP : — plan sur plan
— cylindre dans cylindre
goupille + alésage + encoche

MAP : 3 goujons + 3 écrous + 3 taraudages

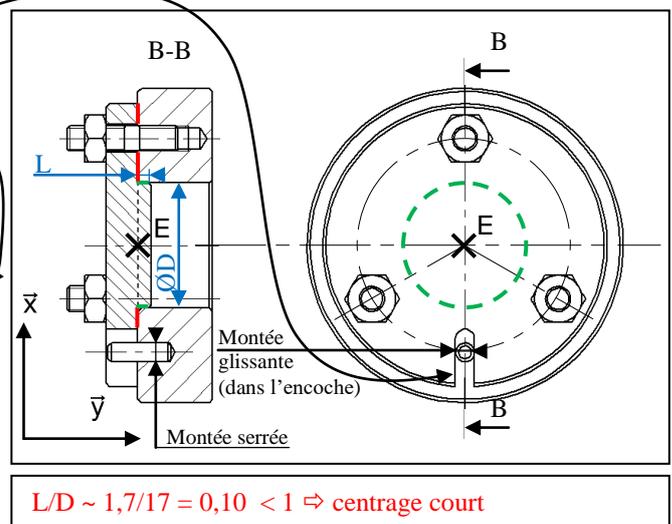
Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

0 mobilités ⇒ encastrement

$T_{\bar{x}}$	$R_{E\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{E\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{E\bar{z}}$

Caractéristiques :

- complète
- démontable (on ne considère que le démontage des 2 pièces principales, et pas celui de la goupille)
- indirecte
- par obstacle
- positionnée
- rigide
- permanente



Exemple n°6 :

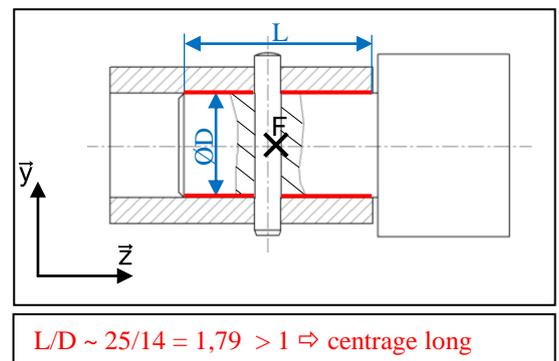
MIP : — cylindre dans cylindre
goupille + alésages dans les 2 pièces

MAP : goupille + alésages dans les 2 pièces

Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

0 mobilités ⇒ encastrement

$T_{\bar{x}}$	$R_{F\bar{x}}$
$T_{\bar{y}}$	$R_{F\bar{y}}$
$T_{\bar{z}}$	$R_{F\bar{z}}$



Caractéristiques :

- complète
- indémontable, en considérant le risque de rayures des alésages lors du démontage de la goupille
- indirecte
- réglable (en tournant de 180° autour de $F\bar{z}$, mais critiquable car cela nécessite une « très bonne » coaxialité des 3 alésages si on retourne une pièce, sachant que ces alésages sont parfois obtenus en perçant et alésant les 2 pièces ensemble, ce qui ne garantit cette coaxialité que dans la positionnée usinée)
- par obstacle
- rigide
- permanente

Exemple n°7 :

MIP : — plan sur plan

2 goupilles dans 2x2 alésages

MAP : 4 vis dans 4 taraudages

Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

2 goupilles dans 2x2 alésages

T_x	R_{Gx}
T_y	R_{Gy}
T_z	R_{Gz}

0 mobilités \Rightarrow encastrement

Caractéristiques :

- complète
- démontable
- indirecte
- par obstacle
- positionnée (réglable si on considère que l'on peut retourner la pièce)
- rigide
- permanente

NOTA : dans ce type de montage, les goupilles sont appelées « pions de positionnement » et typiquement, elles sont montées :

- serrées dans le bâti, avec un centrage long,
- glissantes dans le couvercle, avec un centrage court.

Exemple n°8 :

MIP : — cylindre dans cylindre

— plan sur plan

MAP : monté serré

Tableau des mobilités entre les 2 pièces:

T_x	R_{Hx}
T_y	R_{Hy}
T_z	R_{Hz}

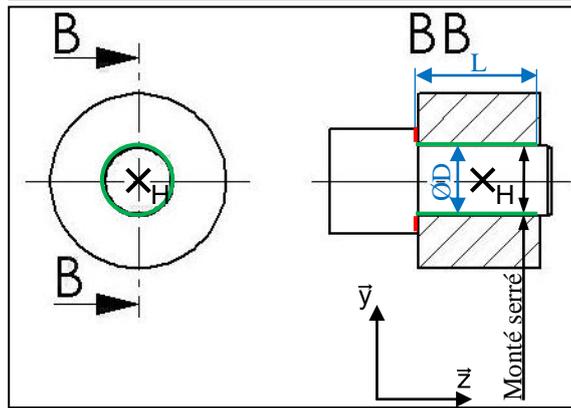
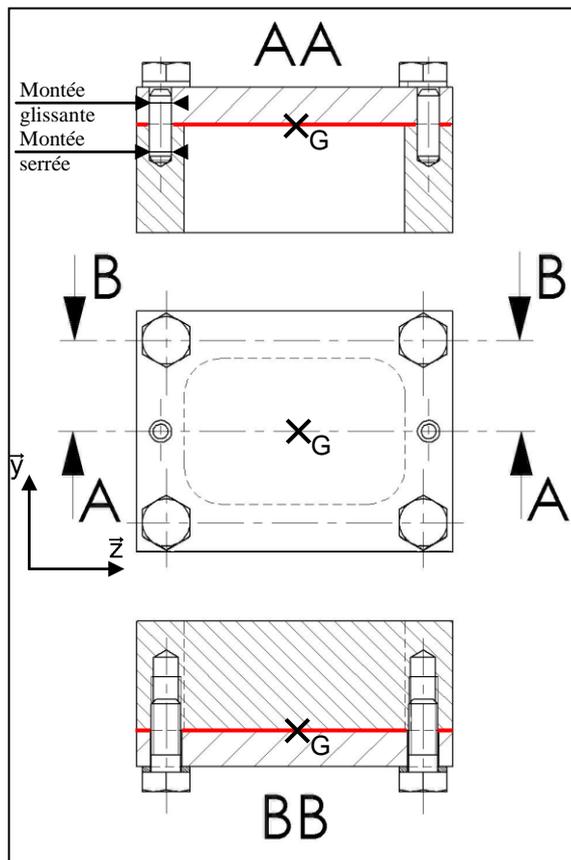
monté serré

0 mobilités \Rightarrow encastrement

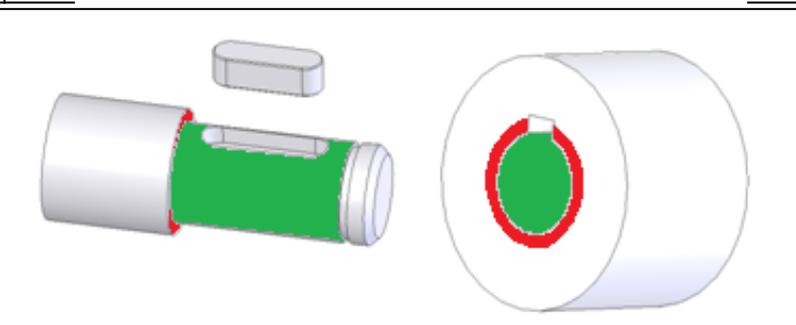
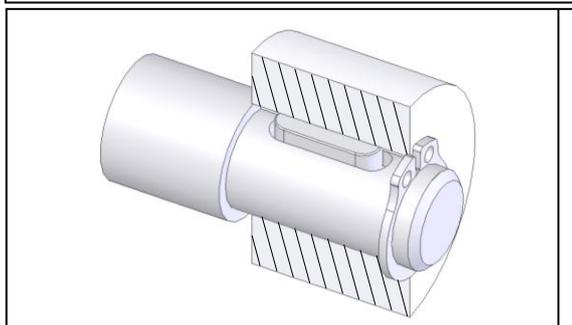
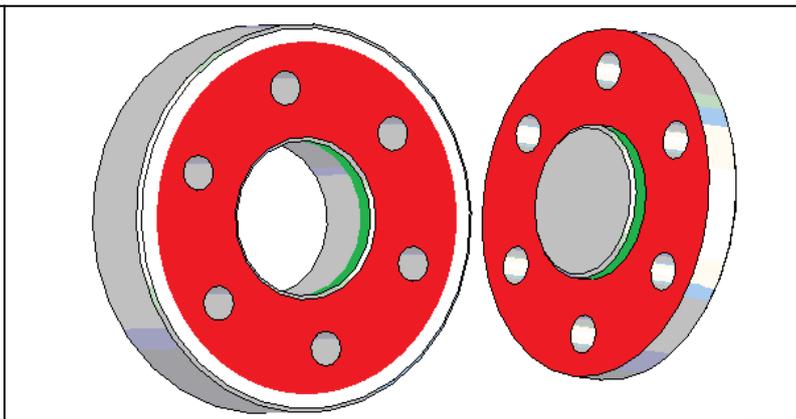
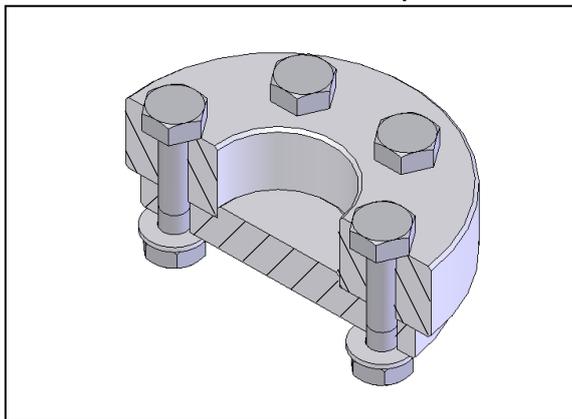
Caractéristiques :

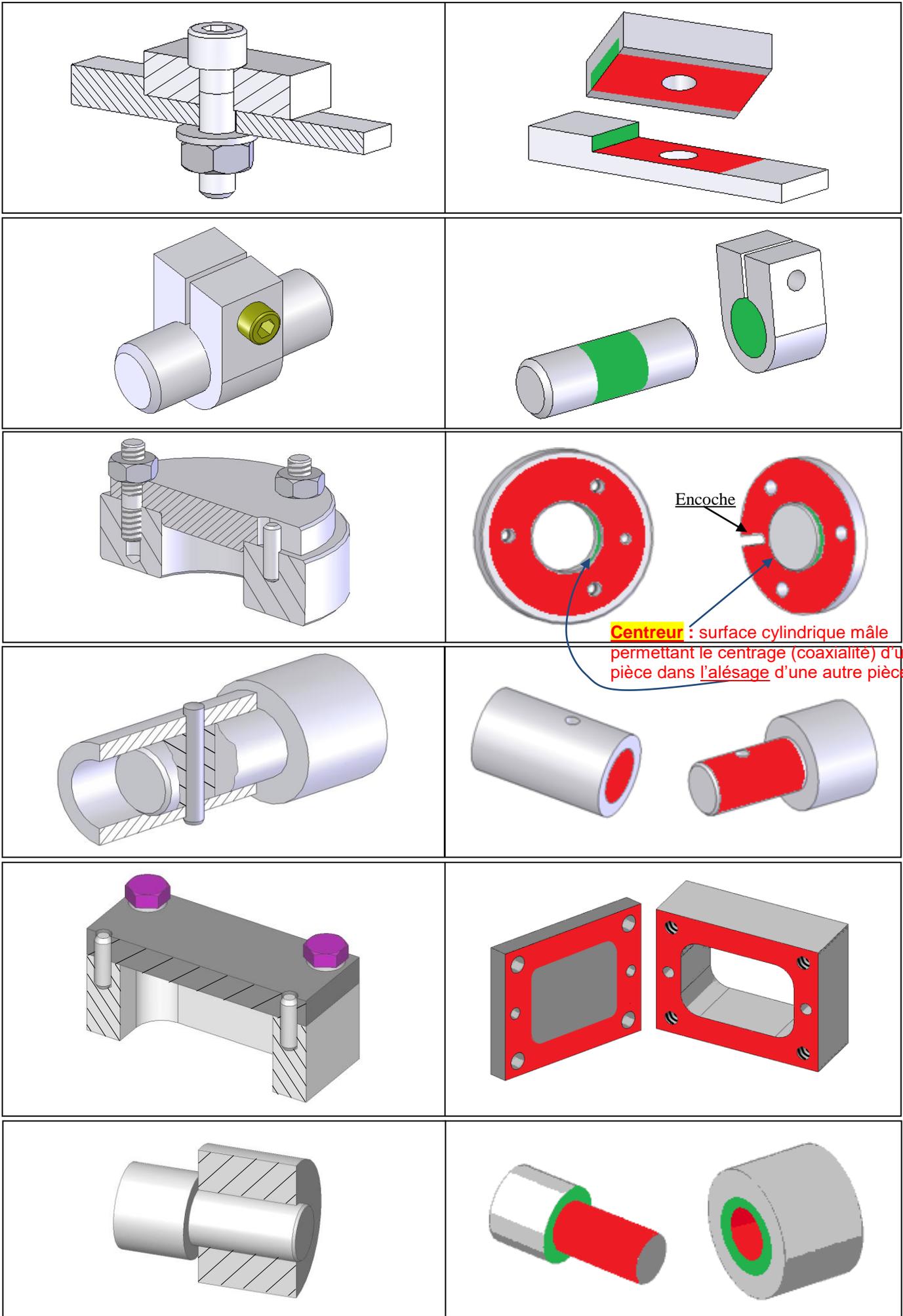
- complète
- indémontable
- directe
- par adhérence
- réglable
- rigide
- permanente

Ecorchés et éclatés des exemples 1 à 8 :



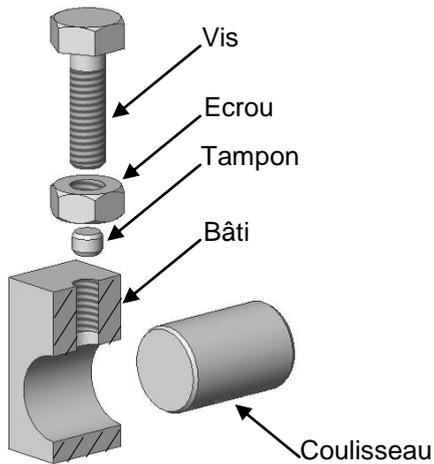
$L/D \sim 16/9 = 1,78 > 1 \Rightarrow$ centrage long





7. Compléments sur les liaisons avec filetage et taraudage

Cas n°1 :

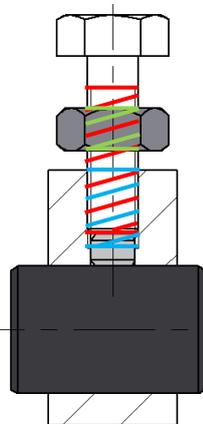


- Tracer les filets de :
- filetage vis —
 - taraudage écrou —
 - taraudage bâti —

Si une vis ne peut pas être vissée davantage, cela signifie que la vis, voire d'autres pièces, sont encastrées (la vis est alors en « butée »).

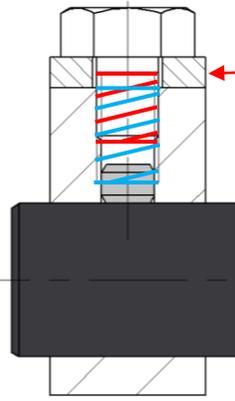
Pour chaque cas, répondre aux questions suivantes :

1. La vis est vissée dans le bâti. Est-ce que la vis est en butée sur le bâti (éventuellement, via d'autres pièces) ?
2. Si oui, quelles sont ces pièces ?
3. En déduire les liaisons :
 - liaison bâti-vis,
 - liaison bâti-coulisseau.
4. Est-ce que l'écrou est en butée ?
5. En déduire la liaison vis-écrou.



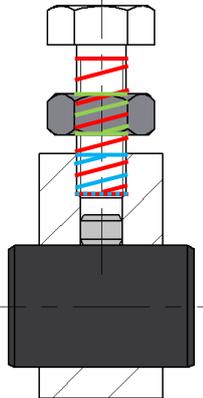
1. Vis en butée sur bâti : **oui**
2. Si oui, via les pièces :
 - tampon
 - coulisseau
 (la vis bute sur le tampon qui bute sur le coulisseau qui bute sur le bâti en bas)
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **encastrement**
 - bâti-coulisseau : **encastrement**
4. Ecrou en butée : **non**
5. Liaison vis-écrou : **hélicoïdale**

Cas n°2 :



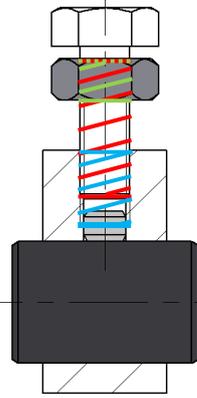
1. Vis en butée sur bâti : **oui**
2. Si oui, via les pièces : →
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **encastrement**
 - bâti-coulisseau : **pivot-glissant**

Cas n°3 :



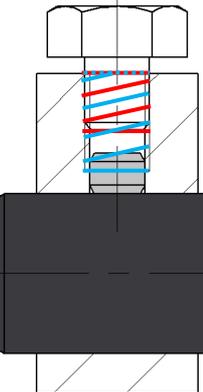
1. Vis en butée sur bâti : **oui**
2. Si oui, via les pièces : -
(la vis est en butée directe sur la fin du taraudage du bâti : voir trait pointillé)
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **encastrement**
 - bâti-coulisseau : **pivot-glissant**
4. Ecrou en butée : **non**
5. Liaison vis-écrou : **hélicoïdale**

Cas n°4 :



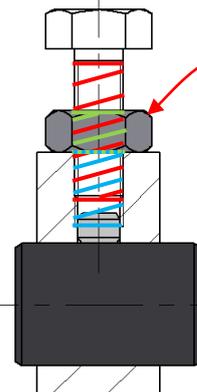
1. Vis en butée sur bâti : **non**
2. Si oui, via les pièces : -
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **hélicoïdale**
 - bâti-coulisseau : **pivot-glissant**
4. Ecrou en butée : **oui**
(sur la fin du filetage de la vis : voir trait pointillé)
5. Liaison vis-écrou : **encastrement**

Cas n°5 :



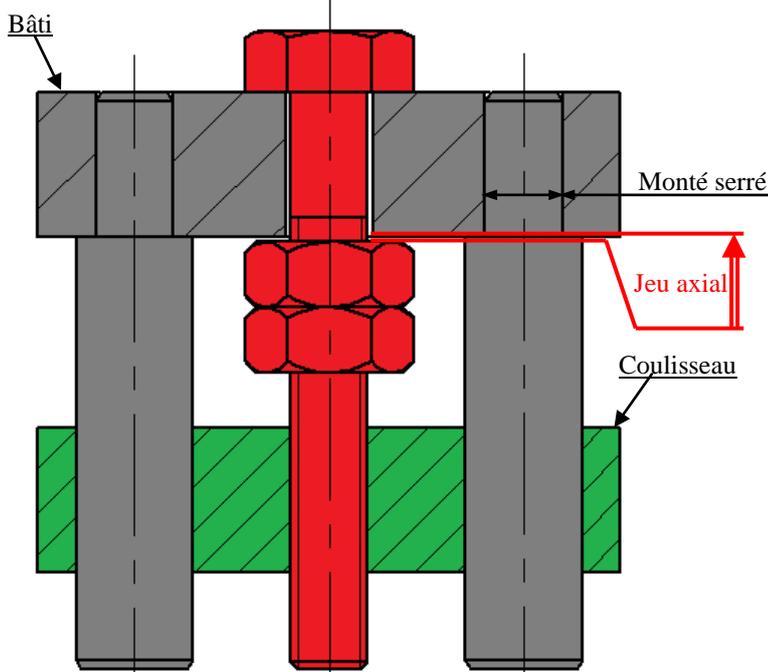
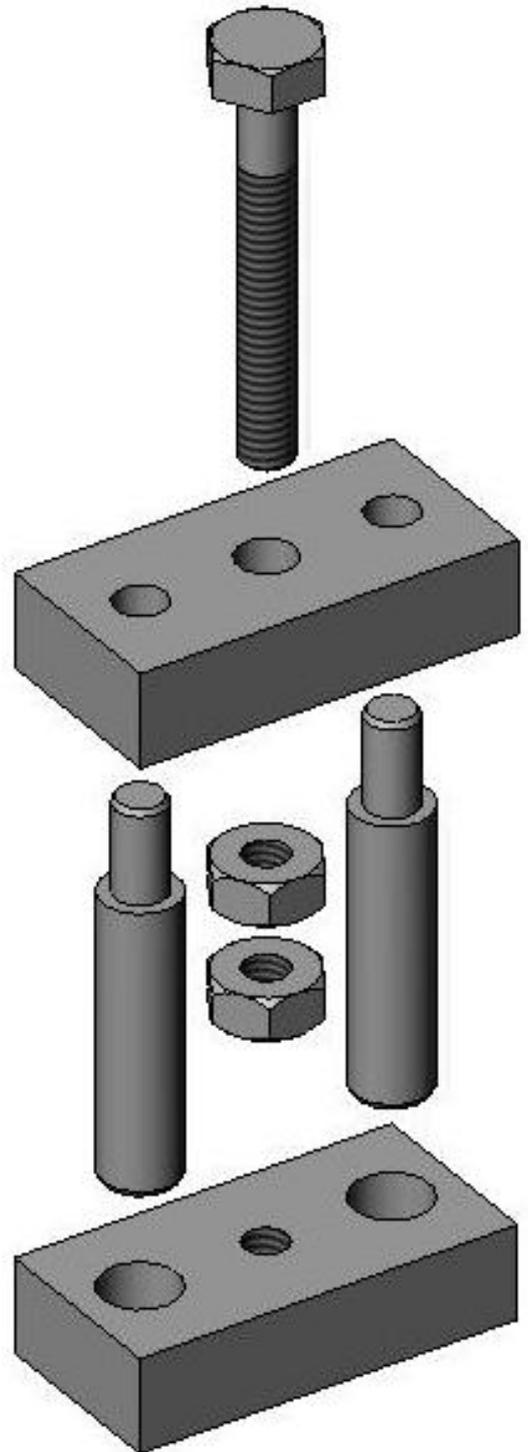
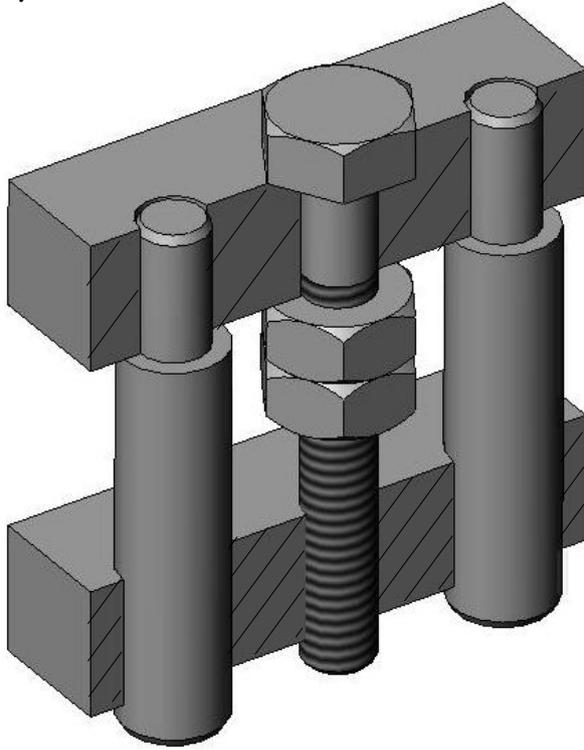
1. Vis en butée sur bâti : **oui**
2. Si oui, via les pièces : -
(la fin du filetage de la vis est en butée directe sur le début du taraudage du bâti : voir trait pointillé)
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **encastrement**
 - bâti-coulisseau : **pivot-glissant**

Cas n°6 :



1. Vis en butée sur bâti : **oui**
(cas particulier du « **contre-écrou** », où le bâti avec son taraudage est assimilé à un écrou)
2. Si oui, via les pièces : l'écrou est en butée sur le bâti et bloque la vis en rotation (par adhérence).
3. Liaisons :
 - bâti-vis : **encastrement**
 - bâti-coulisseau : **pivot-glissant**
4. Ecrou en butée : **oui**
5. Liaison vis-écrou : **encastrement**

Cas n°7 :



1. Identifier et colorier les groupes cinématiques, en justifiant les encastremements :

- comme il est écrit sur le plan, les 2 colonnes (grises) sont montées serrées dans le bâti (gris),
- les 2 écrous se bloquent mutuellement sur la vis (contre-écrous).

Remarque :

- la vis et les 2 écrous ne sont pas encastres sur le bâti en raison du jeu axial entre le bas du bâti et le haut de l'écrou supérieur,
- le coulisseau vert n'est pas encastres avec la vis et les écrous rouges, car ces derniers ne sont pas en butée sur le coulisseau. Le coulisseau vert et la vis avec les écrous ne seraient encastres que si le coulisseau vert venait en contact avec l'écrou inférieur, et que l'on vissait fortement ces pièces.

2. Identifier les liaisons entre les groupes cinématiques :

- coulisseau (vert) - bâti (gris) : glissière
- vis-écrous (rouge) - bâti (vert) : pivot
- vis-écrous (rouge) - coulisseau (vert) : hélicoïdale (le taraudage n'est pas visible sur le coulisseau, car il est masqué par la vis, et on peut le deviner par l'absence de jeu entre la vis et le coulisseau, et aussi par l'obligation de sa présence pour éviter que le coulisseau ne tombe)