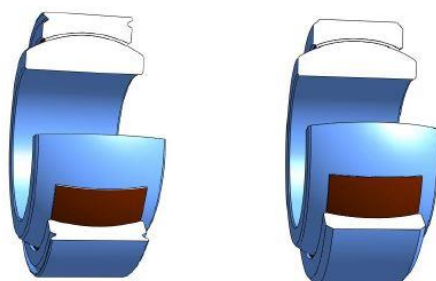


# OUTILLAGES pour ROTULES AERONAUTIQUES

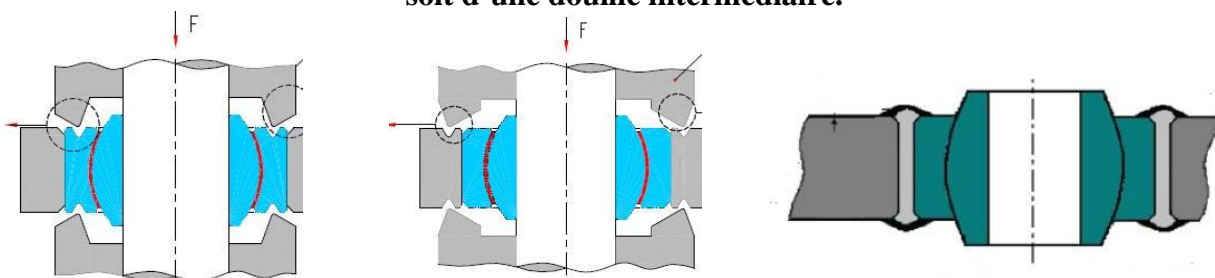
(sertissage d'origine, remplacement,  
et contrôles)



Il existe deux formes principales de rotules suivant le type de sertissage (soit la rotule possède une gorge, soit elle a un chanfrein extérieur).



Les rotules sont serties par déformation soit d'une lèvre (sur la rotule ou la pièce support), soit d'une douille intermédiaire.



La configuration la plus utilisée en aéronautique est la gorge sur la rotule.  
Il existe des outillages pour les différentes configurations.

MAJ : 02-18  
Vérif. : N.P.L  
Appr. : C . P

Distribution OPINDUS



Matériel conforme à la législation européenne

OPINDUS : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01

## DIFFERENTS OUTILLAGES

Il y a 5 outillages différents. 3 outillages pour le montage initial ou le remplacement de la rotule. Ils effectuent les opérations suivantes :

- Mise en place de la rotule dans son logement
- Sertissage de la rotule
- Fraisage de la lèvre pour le remplacement de la rotule

et 2 outillages de contrôle correspondant à la réglementation pour :

- Contrôle du déplacement de la cage intérieure sous un certain effort
- Contrôle du couple de mise en rotation.

Les premiers outillages existent sous deux versions suivant que le montage est effectué :

- soit à l'établi (avec une presse et une perceuse), dans ce cas le type est appelé « drill-press »,
- soit en place avec un outillage type « portable » (l'effort axial étant obtenu par un ensemble vis-écrou).

Dans certains cas, il peut y avoir des problèmes de passage (suivant la forme de la pièce support). Pour répondre à ces configurations il existe des outillages légèrement différents et d'un diamètre plus petit; ils sont désignés par le suffixe HOB pour « Housing Over the Bearing ».

Il existe aussi d'autres outillages réalisés spécialement ; ils comportent généralement un C, un vérin pour appliquer la force, et un outil rotatif pour le sertissage.

Les outillages les plus utilisés sont les outils « portables ».

Il existe aussi des méthodes de sertissage différentes (billes, empreintes, ...) ; des outillages spécifiques existent pour répondre à ces configurations.

Il faut normalement un ensemble d'outillages par dimension de rotule.

**Remarque :**

Si la mise en place et le sertissage ne sont pas effectués correctement, il y a risque de mauvais fonctionnement ou d'usure prématurée de la rotule.





C'est la raison pour laquelle il existe de nombreux documents de référence (normes, manuels, ou instructions). Ainsi par exemple :

NAS0331 : bearing installation and retention by swaging or staking

AIRBUS AIPI 033-03-012 ; AIRBUS Process Instruction- Installation of Bearings, Spherical Bearings, and Bushes by Swaging.

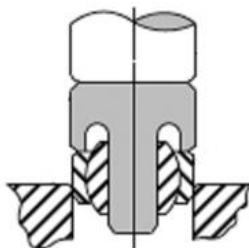
Ils détaillent généralement les différentes méthodes de mise en place et de contrôles à effectuer pour garantir la durée de vie de la rotule. Cette présentation reprend certains éléments de ces documents.

P 2

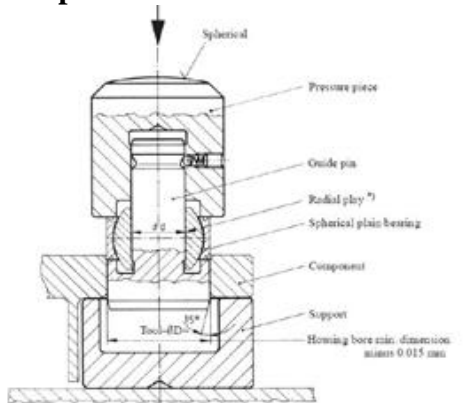
|   |                             |  |
|---|-----------------------------|--|
| MAJ : 02-18<br>Vérif. : N.P.L<br>Appr. : C . P  | <b>Distribution OPINDUS</b> |     |
| Matériel conforme à la législation européenne   |                             |  |
| <b>OPINDUS</b> : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01 |                             |  |

## 1-Mise en place de la rotule.

Pour placer la rotule dans son alésage l'outillage doit appliquer des efforts sur la cage extérieure de la rotule (pour ne pas engendrer de contrainte sur la partie centrale) ; il doit aussi se positionner par rapport à la pièce support  
 La rotule doit être emmanchée avec outillage adéquat suivant le principe ci-dessous :



L'outillage comprend plusieurs pièces dont une qui se guide sur la pièce support, et une qui pousse la rotule, suivant par exemple le dessin ci-dessous.



Ces outils existent sous les 3 configurations : « portable » , « drill press » ou HOB.  
 (Il existe aussi des outils similaires pour la mise en place des douilles intermédiaires).



Bien évidemment les mêmes précautions doivent être prises pour la mise en place des arbres dans les rotules.

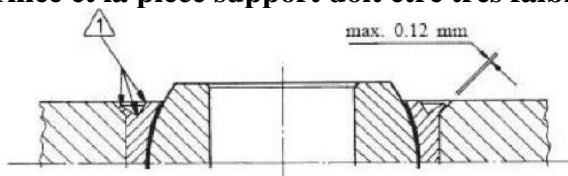
|   |                             |  |
|---|-----------------------------|--|
| MAJ : 02-18<br>Vérif. : N.P.L<br>Appr. : C . P  | <b>Distribution OPINDUS</b> |  |
| Matériel conforme à la législation européenne   |                             |  |
| <b>OPINDUS</b> : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01 |                             |  |

## 2-Sertissage de la rotule.

Les rotules aéronautiques (MS14100 par exemple) ont des gorges de sertissage de chaque côté ; tout le problème consiste à les sertir correctement comme sur les photos ci-dessous.



Le jeu entre la lèvre déformée et la pièce support doit être très faible.



Il existe principalement deux méthodes pour obtenir la déformation:

Soit avec un outillage de presse, méthode ancienne qui généralement ne garantit pas un bon état de surface, et nécessite des efforts importants – méthode 100 suivant NAS 0331.



Soit avec des galets roulant sous pression sur la partie à déformer, et donnant un très bon état de surface, avec des efforts beaucoup plus faibles - méthode 200 suivant NAS 0331.

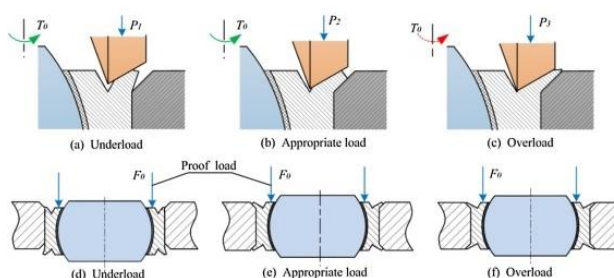


C'est cette deuxième méthode qui a tendance à être généralisée.

L'outil de sertissage doit être appliqué correctement sur la partie extérieure de la gorge :



Attention, la force d'appui doit être maîtrisée pour éviter un éventuel écrasement préjudiciable pouvant entraîner une déformation de la cage extérieure.



Les outillages existent sous les différentes versions

- Outillage de presse classique – méthode 100 suivant NAS 0331 :  
 C'est la méthode la plus simple. Un axe de guidage est nécessaire pour garantir les concentricités. La déformation est obtenue par la presse.



- Outillages avec galets – méthode 200 suivant NAS 0331.  
 Ces outillages comprennent un porte galets (adapté à la rotule) qui déforme la lèvre d'un côté, tandis que l'autre face est maintenue par une pièce support.  
 Une première action déforme la lèvre d'un premier côté.  
 L'outillage est inversé pour déformer la deuxième lèvre de l'autre côté de la rotule.  
 Remarque : Il existe 2 pièces support pour les deux configurations : appui sur la rotule avec lèvre non déformée (pour la première opération), et appui sur la rotule avec lèvre déformée (pour la deuxième opération).



|   |                             |  |
|---|-----------------------------|--|
| MAJ : 02-18<br>Vérif. : N.P.L<br>Appr. : C . P  | <b>Distribution OPINDUS</b> |  |
| Matériel conforme à la législation européenne   |                             |  |
| <b>OPINDUS</b> : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01 |                             |  |

**Outillage « drill press » avec galets :**

L'outillage comporte 3 pièces : le porte galet et les deux supports (comme présenté précédemment) :



**Outillage « portable » avec galets :**

Il existe deux séries similaires (séries A et B) en fonction du diamètre de la rotule.



Bien évidemment le porte galet a un diamètre relativement important par rapport à la rotule.

Dans le cas de problèmes d'encombrement il existe les outillages HOB :



**Remarque pour la mise en œuvre :**

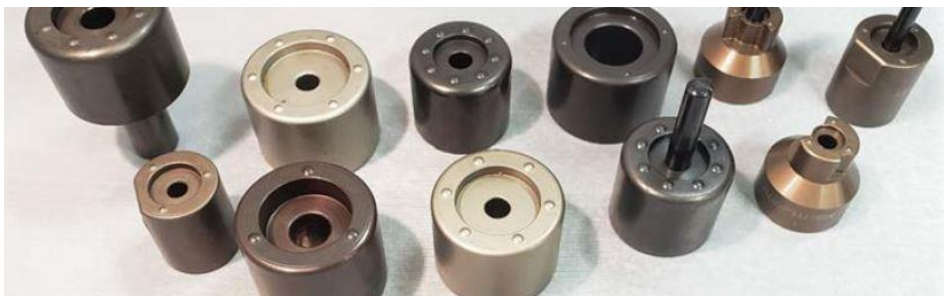
Les outils « portables » ont un six pans de chaque côté.

Le premier correspond à une vis centrale qui permet d'appliquer l'effort axial en resserrant les deux parties de l'outillage.

Le deuxième permet d'entraîner les galets en rotation avec une clé ou un outil tournant.

Pour information les autres méthodes définies par la NAS 0331 (National Aerospace Standard) sont :

Méthode 300 : déformation par billes (normalement par outillage drill press) :

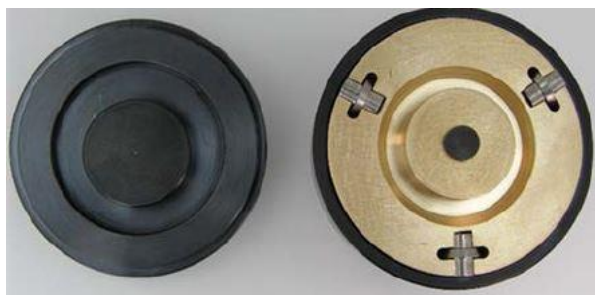


Méthode 400 : déformation par segments (normalement par outillage drill press):



Méthode 500 : déformation des douilles de sertissage (portable ou drill-press):

Les formes des galets peuvent être différentes suivant la matière de la douille  
Version standard :



Version pour douilles en non ferreux :



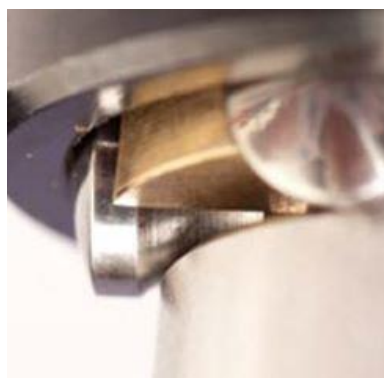
Il existe aussi d'autres formes de galets suivant l'application.

Exemples :

Galets plats pour douilles évasées de part et d'autre (lorsqu'il y a un chanfrein sur la rotule et un autre chanfrein sur la pièce support) :



Galets en U pour douilles en aluminium, cuivre, ou bronze :

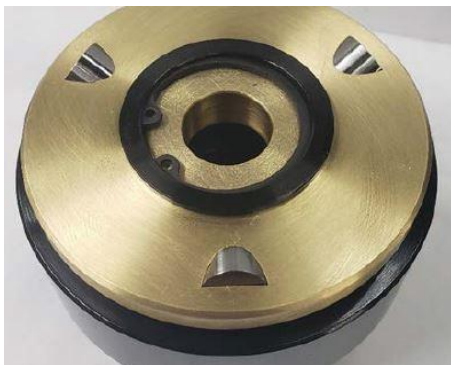


Les éléments ci-dessus reprennent les différentes versions courantes.  
Réalisations spéciales sur demande.





Il existe aussi des outillages spécifiques « clients » suivant les configurations des pièces ou montages. Voici quelques exemples :



### 3 – Fraisage de la lèvre pour le remplacement de la rotule.

En cas de remplacement d'une rotule pour une opération de maintenance, il est nécessaire de fraiser la lèvre initialement déformée pour pouvoir l'extraire avec le premier outillage de mise en place.

L'opération s'effectue avec une fraise fine (similaire à un trépan) montée sur un outil support.

Les outillages existent dans les différentes versions standard : drill-press ou portable, ainsi que dans les versions HOB (pour les deux configurations).

Outillage « drill-press »



Outillage « portable »



Outillage « portable » HOB



## Autres types d'outillages pour la mise en place de la rotule:

Comme évoqué précédemment, il existe d'autres types d'outillages qui sont réalisés sur demande. Ils correspondent généralement à des applications spéciales, des procédures spécifiques, ou pour des montages en séries.

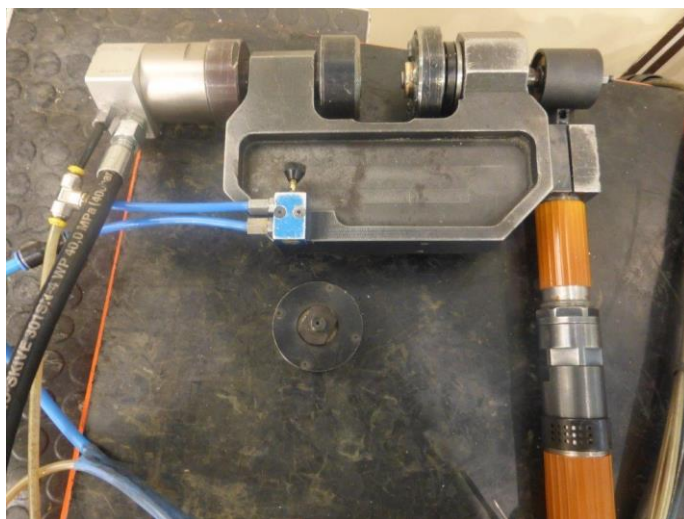
Voici deux exemples de réalisations spéciales :

- Utilisation d'un C adapté aux dimensions et équipé d'un vérin hydraulique



Avec cet équipement la rotation est généralement effectuée manuellement avec une clé.

- Ensemble complet permettant entre autres de procéder à un sertissage alterné et progressif (avec contrôle de l'effort par la pression du vérin hydraulique).



## Outillages de contrôle

Les outillages de contrôle sont prévus pour vérifier le respect des différentes préconisations.

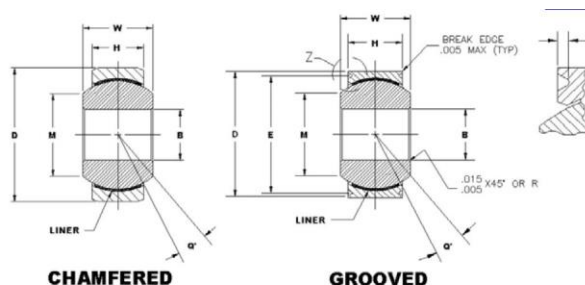
En résumé, et pour garantir que la rotule a été placée correctement et n'a pas été déformée au montage, il y a un certain nombre de contrôles à effectuer après montage, tout d'abord des contrôles simples comme le contrôle des jeux et des états de surface, mais aussi des contrôles qui nécessitent un outillage spécifique ; c'est le cas pour la mesure du déplacement axial sous effort, et celle du couple de frottement en rotation (avec ou sans inclinaison de l'axe). Ces valeurs sont généralement communiquées dans les documentations des rotules (au même titre que les dimensions).

Exemple pour les rotules suivant MS14100 :

### MS14104 - MS14101 Self-Lubricated Spherical Bearing

AS14104 - AS14101 · AS81820 (formerly MIL-B-81820)

- Narrow series, self-lubricated.
- Chamfered type (MS14104)
- Grooved type (MS14101)
- Liners qualified to AS81820



| CHAMFERED PART NUMBERS |           |                | GROOVED PART NUMBERS |            |                | Bore<br>B | O.D.<br>D | Race Width<br>H | Ball Width<br>W | Other Dimensions |       |       | Q<br>(ref.) | Static Limit Load |              | Oscillating<br>Load<br>LBF | No-Load Rotational<br>Breakaway Torque Inch-<br>Pounds |          | Approx.<br>Weight<br>LBS |
|------------------------|-----------|----------------|----------------------|------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|-------|-------|-------------|-------------------|--------------|----------------------------|--|----------|--------------------------|
| Dash<br>No.            | NE<br>No. | MS14104<br>No. | Dash<br>No.          | NEG<br>No. | MS14101<br>No. |           |           |                 |                 | P                | E     | M     |             | Radial<br>LBF     | Axial<br>LBF |                            | Standard   | "K" Type |                          |
| -03                    | 3         | -3             | -03                  | 3          | -3             | .1900     | .5625     | .218            | .281            | 0.025            | .500  | .293  | 10          | 3,975             | 150          | 1,500                      | 0.25 - 5.0   | 0 - 0.5  | .020                     |
| -04                    | 4         | -4             | -04                  | 4          | -4             | .2500     | .6562     | .250            | .343            | 0.035            | .594  | .364  |             | 6,040             | 430          | 3,320                      |  |          |                          |
| -05                    | 5         | -5             | -05                  | 5          | -5             | .3125     | .7500     | .281            | .375            |                  | .650  | .419  |             | 8,750             | 700          | 5,460                      |  |          |                          |
| -                      | -         | -              | -.05A                | .05A       | -.05A          | .3125     | .7500     | .281            | .375            |                  | .660  | .419  | 8,750       | 700               | 5,460        |                            |  |          |                          |
| -06                    | 6         | -6             | -06                  | 6          | -6             | .3750     | .8125     | .312            | .406            | 0.055            | .712  | .475  | 9           | 10,540            | 1,100        | 6,600                      | 0.25 - 8.0   | 0 - 1.0  | .040                     |
| -07                    | 7         | -7             | -07                  | 7          | -7             | .4375     | .9062     | .343            | .437            |                  | .806  | .530  | 13,200      | 1,400             | 8,050        |                            |  |          |                          |
| -08                    | 8         | -8             | -08                  | 8          | -8             | .5000     | 1.000     | .390            | .500            |                  | .876  | .600  | 17,900      | 2,100             | 10,400       |                            |  |          |                          |
| -09                    | 9         | -9             | -09                  | 9          | -9             | .5625     | 1.094     | .437            | .562            | 0.055            | .970  | .670  | 8           | 23,200            | 3,680        | 13,000                     | 0.25 - 12.0  | 0 - 2.0  | .090                     |
| -10                    | 10        | -10            | -10                  | 10         | -10            | .6250     | 1.188     | .500            | .625            |                  | 1.063 | .739  | 30,500      | 4,720             | 16,450       |                            |  |          |                          |
| -12                    | 12        | -12            | -12                  | 12         | -12            | .7500     | 1.438     | .593            | .750            |                  | 1.313 | .920  | 46,400      | 6,750             | 23,600       |                            |  |          |                          |
| -14                    | 14        | -14            | -14                  | 14         | -14            | .8750     | 1.563     | .703            | .875            | 0.055            | 1.438 | .980  | 9           | 62,200            | 9,350        | 30,250                     | 0.25 - 12.0  | 0 - 2.0  | .270                     |
| -16                    | 16        | -16            | -16                  | 16         | -16            | 1.0000    | 1.750     | .797            | 1.000           |                  | 1.626 | 1.118 |             | 82,200            | 12,160       | 38,000                     |  |          |                          |

All dimensions are in inches.

De nombreuses études ou thèses ont été réalisées sur les rotules. Ainsi, par exemple, il a été prouvé (INP – Toulouse – 2008) l'importance du jeu fonctionnel entre la partie sphérique de la rotule et la cage extérieure; le non-respect des valeurs définies (avec, si possible, un jeu supérieur sur les bords de la cage extérieure par rapport à la partie médiane) entraîne une usure prématurée de la rotule.

D'où l'importance de bien respecter les procédures et d'effectuer les contrôles nécessaires.

## Voici par exemple deux extraits des procédures AIRBUS :

### 3.3 COMPLETION

The verification requirements for this process can be divided into the following general areas:

#### 3.3.1 GENERIC SWAGING REQUIREMENTS

##### 3.3.1.1 PRODUCTION

Under serial production conditions, the following requirements must be adhered to:

- Check that the bearings are correctly placed, axially. Where no tolerance is given on axial setting then  $\pm 0,13\text{mm}$  (0.005 inch) shall apply.
- The protection of parts is not damaged.
- Parts are not distorted.
- For bearings the swaging must concern the outer cage and the supporting part only.
- For bushes, the swaging must concern the bush, the supporting part and the outer cage only.
- Under visual observation with x10 magnification or equivalent process, no crack must be detected.
- The bearing must be centred in its bore and within the housing thickness.
- Should the bearing or bush require replacing, see section 6.9.

- Rework scheme in case of deviations and non conformity (scrap conditions: to be checked if under AIPI for non composite cases).
- Check that bearing can be rotated by hand. This check can be performed using a customized pin inserted into the bearing bore and clamped in position so that rotating the pin causes the bearing to rotate.
- Check that bearing can be swivelled by hand. This check can be performed by inserting a pin into the bearing bore and centering it so that equal distance protrudes on each side – see Fig.16. Using the protruding ends of the pin, the bearing can be made to tilt/swivel by hand.

##### 3.3.1.2 INDUSTRIAL QUALIFICATION & QUALITY INSPECTION PLAN

When carrying out Industrial Qualification or periodic inspections in accordance with an agreed Quality Inspection Plan, all of the requirements below must be adhered to in addition to those stated in 3.1.1.1 above.

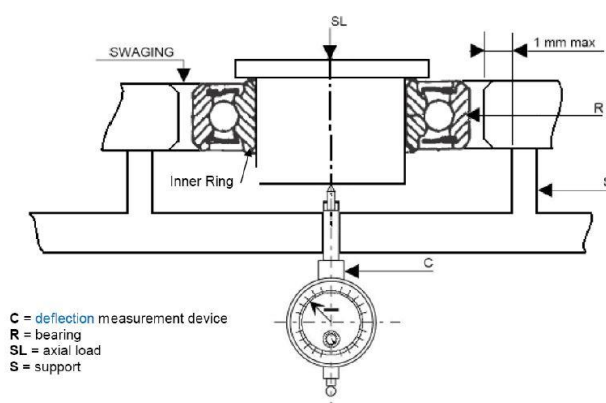
- The swaging shall not change, after installation, swivelling torque and frictional value that shall be in accordance with drawing or standard. If nothing is requested on the installation drawing, apply a factor of 2 to the pre-installation standard part values (breakaway or static torque) to determine the post-installation requirements.
- Swivelling and rotational torque must be in accordance with section 6.8.
- Axial proof load must be in accordance with sections 6.4, 6.5, 6.6 and 6.7.
- Torque checks to determine friction values need only be carried out as per section 6.8.3 or when required by the drawing or at the discretion of the Quality Department.
- Axial proof load must be in accordance with sections 6.4, 6.5, 6.6 & 6.7. These tests MUST be carried out when new tooling or a new operator commences the process and at a frequency determined by the Quality Department and Local Engineering.

|   |                             |  |  |  |  |
|---|-----------------------------|--|--|--|--|
| MAJ : 02-18<br>Vérif. : N.P.L<br>Appr. : C . P  | <b>Distribution OPINDUS</b> |  |  |  |  |
| Matériel conforme à la législation européenne   |                             |  |  |  |  |
| <b>OPINDUS</b> : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01 |                             |  |  |  |  |

| INDUSTRIAL QUALIFICATION INSPECTION<br>OR<br>QUALITY INSPECTION                  | METHOD TO ACHIEVE   |
|--|---|
| Tooling  | Ensure tooling to be used carries valid calibration certificate.  |
| Hole diameter  | Use of suitable, calibrated bore micrometer.  |
| Hole surface finish  | Use of surface finish gauge. Visual inspection for gouges cuts, burrs, spiral ridges.                                       |
| Hole cleanliness   | Visual inspection.  |
| Pre-insertion retainer bush external diameter                                    | Use of calibrated Vernier callipers.  |
| Pre-insertion retainer bush internal diameter                                    | Use of calibrated bore micrometer.  |
| Post insertion retainer bush internal diameter<br>surface finish and cleanliness | Visual inspection.  |
| Sealant & protection application   | Visual inspection.  |
| Axial alignment of bush  | Use of calibrated height gauge to measure protrusion of bush on both sides of component.                                    |
| Radius of chamfer on bearing   | Use of radius gauge.  |
| Post insertion retainer bush internal diameter                                   | Use of calibrated bore micrometer.  |
| Axial alignment of bearing (incl. Bearing caps or retaining washers)             | Use of calibrated height gauge to measure protrusion of bush on both sides of component.                                    |
| Bush compression/overlap of bush to bearing & housing                            | Use of calibrated height gauge for compression and visual inspection for overlap.   |
| Gap between lip and housing  | Use of 0,12mm (0.005 inch) wire feeler gauge.   |
| Crack check  | Use of 10x magnification for visual inspection.   |
| Bearing function check   | Using suitable torque measuring equipment, check that bearing can be rotated/swivelled within allowable torque limits.      |
| Torque checks  | Use of suitable, calibrated torque measuring equipment.   |
| Axial proof load   | Use of suitable, calibrated displacement measuring equipment.<br>Application of static load at rate of 1% of SL per second. |

## 4 - Contrôle du déplacement de la cage intérieure sous un certain effort.

Un effort est appliqué entre la cage intérieure et la cage extérieure suivant le principe suivant :



Le déplacement axial entre les deux cages doit être conforme (les valeurs sont définies dans les documentations et normes).

Il existe deux types d'outillages :

- Un outillage simple pour utilisation à la presse comprenant une pièce pour appliquer la force, un pilote, et une pièce d'appui. Sous l'effort (compensation des jeux et déformation) les deux pièces se rapprochent l'une de l'autre, et cette déformation est mesurée avec un comparateur (comme montré sur le schéma ci-dessus).

L'opérateur contrôle et enregistre d'une part l'effort donné par la presse, et d'autre part la déviation qui doit être inférieure à une valeur définie (pour éviter une usure prématurée de la rotule).



- Un outillage complet de test comprenant des pièces mécaniques, une cellule pour mesurer la force, et un boîtier électronique portable.



Ainsi il est possible d'effectuer les mesures (ou cycles de mesures) dès la mise en place de la rotule.



P 16

MAJ : 02-18  
Vérif. : N.P.L  
Appr. : C . P

**Distribution OPINDUS**



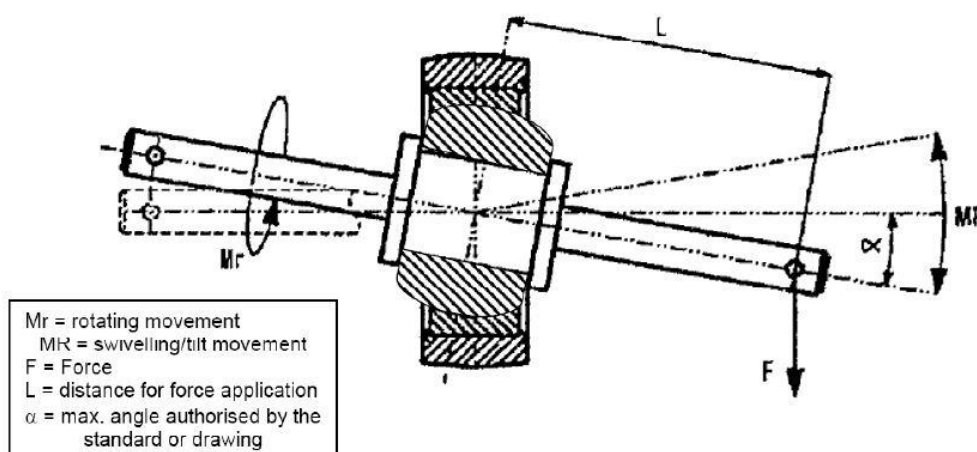
Matériel conforme à la législation européenne

**OPINDUS** : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01



## 5- Contrôle du couple de rotation.

Dans les différentes orientations, le couple pour faire tourner la cage intérieure doit être inférieur à une valeur définie en fonction de la rotule. Comme il y a un risque de déformation ou de mise en contrainte des pièces constitutives de la rotule au cours du montage, il est nécessaire de vérifier que le couple de frottement est bien dans les tolérances.



L'outillage est monté sur la rotule, et le couple est vérifié à la clé dynamométrique.  
 L'outillage est constitué de plusieurs pièces mécaniques, et possède un carré femelle pour la mise en place de la clé dynamométrique.



La fourniture de l'outillage peut comprendre soit l'outillage ci-dessus seul, soit un ensemble avec la clé dynamométrique (kit complet).

## INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES OUTILLAGES POUR ROTULES

### Désignation des différents outils

Pour information les outils ont une désignation qui traduit leur utilisation.

Les produits ont été initialement utilisés aux USA et les désignations sont inspirées de termes anglo-saxons.

La désignation comprend plusieurs éléments successifs pour définir l'outillage:

Les 2 premières lettres correspondent à « sertissage des rotules aéronautiques »; lettres A pour aéro et S pour swaging ou staking,

Puis une ou deux lettres pour le type d'outillage : lettres IR pour installation et remove; ou C pour cutter; ou T pour tri-roller; ou B pour ball; ...

Puis la référence de la rotule

Puis éventuellement HOB pour housing over bearing

Puis éventuellement DP pour drill-press

### Présentation

Comme de nombreux outillages utilisés en aéronautique, tous les outillages pour rotules sont livrés dans des valises PELICAN avec notice d'utilisation (sur une clé USB)

Suivant les cas les valises correspondent à un outillage seul ou à un ensemble.



P 18

MAJ : 02-18  
Vérif. : N.P.L  
Appr. : C . P

**Distribution OPINDUS**



Matériel conforme à la législation européenne

**OPINDUS** : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01





## Délais

Les délais de ces outillages sont normalement très courts, et inférieurs à deux semaines pour les rotules standard.

## Manuels

Les outils sont livrés avec des manuels d'utilisation.  
OPINDUS reste à la disposition des utilisateurs pour toute demande particulière.



|   |                             |  |
|---|-----------------------------|--|
| MAJ : 02-18<br>Vérif. : N.P.L<br>Appr. : C . P  | <b>Distribution OPINDUS</b> |     |
| Matériel conforme à la législation européenne   |                             |  |
| <b>OPINDUS</b> : 1, Rue Maurice Audibert 69800 SAINT PRIEST Tél : 04.78.21.73.14 - Fax : 04.78.21.73.01 |                             |  |