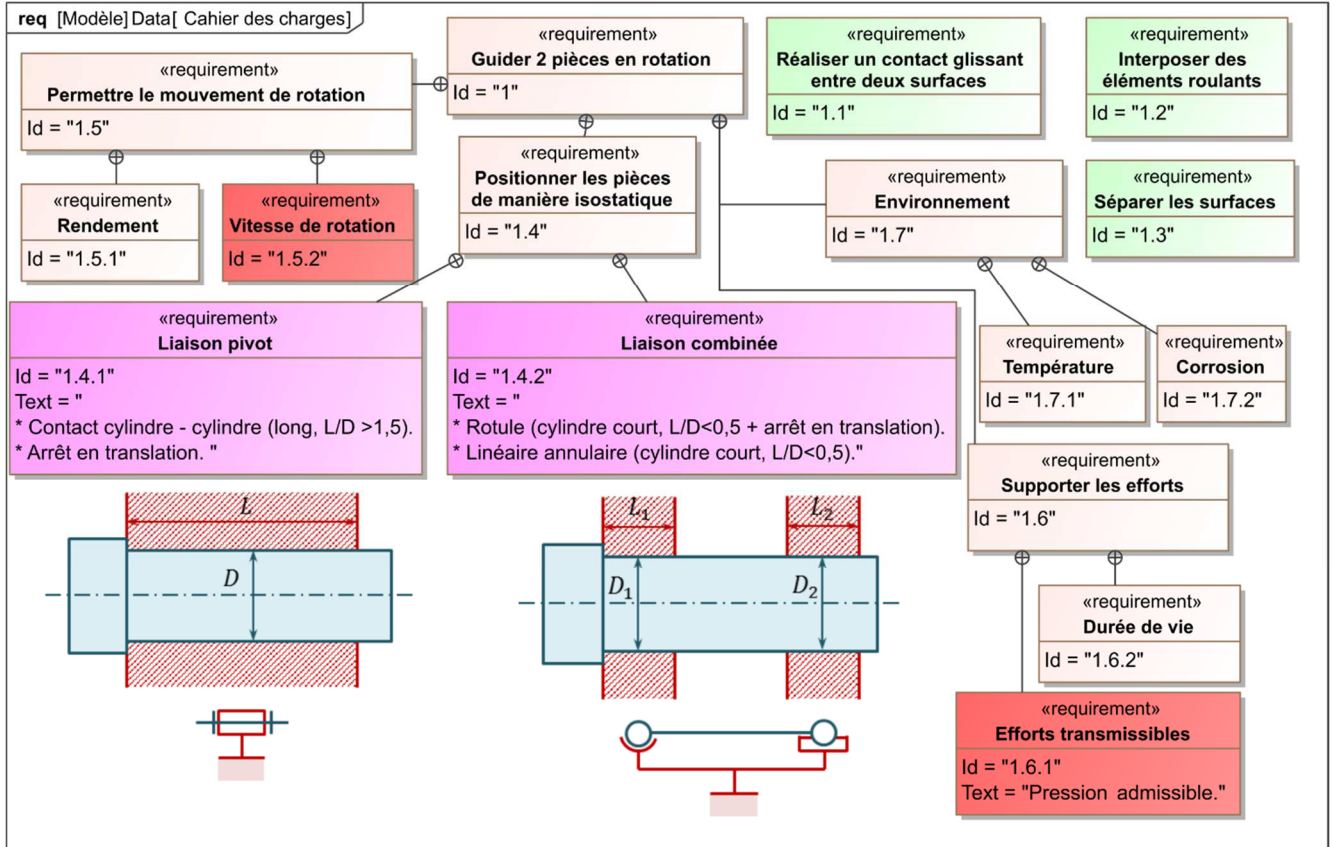
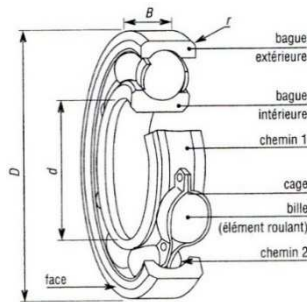


1 INTRODUCTION

1.1 Exigences d'une liaison pivot



1.2 Constituants d'un roulement

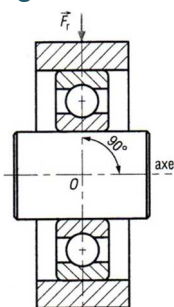


Un roulement est composé :

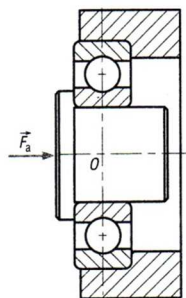
- ☐ d'une bague extérieure ;
- ☐ d'une bague intérieure ;
- ☐ des éléments roulants (billes, rouleaux cylindriques, rouleaux coniques, aiguilles) ;
- ☐ d'une cage maintenant l'espacement entre les éléments roulants.



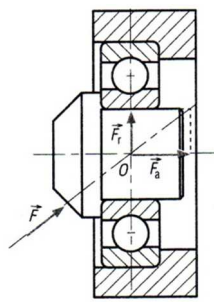
1.3 Charges admissibles et choix de roulement



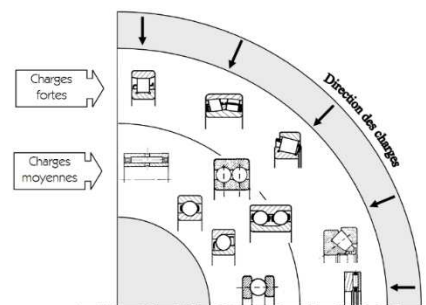
Charge radiale : \vec{F}_r



Charge axiale : \vec{F}_a



Charge combinée : $\vec{F} = \vec{F}_r + \vec{F}_a$



Le choix se fait en analysant la direction et l'intensité de la charges

2 TYPOLOGIE ET CHOIX DE ROULEMENT

2.1 Critères de choix des roulements

Le choix d'un type de roulement peut se faire selon les critères suivants :

- ☐ nature des charges : axiales, radiales, combinées ;
- ☐ intensité des charges ;
- ☐ vitesse de rotation ;
- ☐ précision exigée : coaxialité,... ;
- ☐ rigidité de l'ensemble ;
- ☐ encombrement, place disponible ;
- ☐ durée de vie souhaitée ;
- ☐ ambiance (Température, lubrification,...) ;
- ☐ prix, nombres de mécanisme.

2.2 Roulements à billes

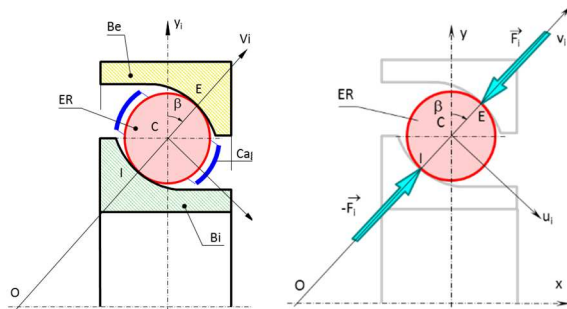
| Roulements à billes à contact radial | Roulements à billes à contact oblique | Rotule à billes | Butées à billes |
|---|---|--|---|
| | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Roulements les plus utilisés. <input type="checkbox"/> Charge modérée radiale et axiale. <input type="checkbox"/> Possibilité d'une étanchéité incorporée. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Charge modérée radiale et axiale. <input type="checkbox"/> Angle de charge courant de 15°, 25° et 40°. <input type="checkbox"/> Une pré charge au montage élimine le jeu interne et optimise la durée de vie du roulement. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Chemin de roulement extérieur sphérique. <input type="checkbox"/> Supporte des charges axiales faibles et des charges radiales modérées. <input type="checkbox"/> Rotulage de 2,5 à 4°. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Charges axiales uniquement. <input type="checkbox"/> Pas de centrage de l'arbre |

2.3 Roulements à rouleaux

| Simple rangée (oudouble) | Rotule à rouleaux cylindriques | Roulement à rouleaux coniques | Roulement à aiguilles |
|--|---|---|---|
| | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Charge radiales importantes. <input type="checkbox"/> Aucune charge axiale. <input type="checkbox"/> Vitesse élevée. <input type="checkbox"/> Bague intérieure séparable ou pas. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Charges admissibles plus élevées que les rotules à billes. <input type="checkbox"/> Lubrification à l'huile préconisée. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Critères de choix équivalents aux roulements à billes à contact oblique. <input type="checkbox"/> Charges plus importantes. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Encombrement réduit. <input type="checkbox"/> Charges radiale uniquement (aucune charge axiale). <input type="checkbox"/> Montage avec ou sans bague intérieure (dans ce cas la dureté du chemin de roulement doit être égale à 58 HRc). |

3 MODÉLISATION DES ROUEMENTS

3.1 Roulements à billes à contact oblique

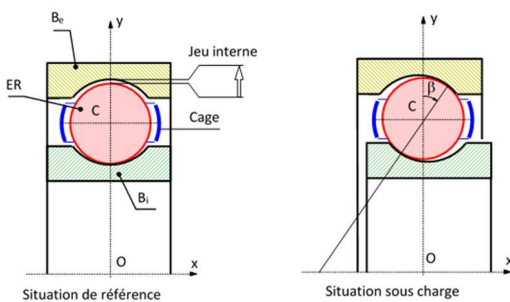


- On isole une bille.
- Les billes sont soumises à l'action des bagues extérieures et intérieures (on néglige le poids) $\left\{ \begin{matrix} \vec{F}_i = -F_i \vec{v}_i \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_O$.
- En appliquant le PFS, les deux actions mécaniques ont même norme, même direction (IE), sens opposé.

$$\{T(Billes \rightarrow BE)\} = \left\{ \begin{matrix} \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = -F_i \vec{v}_i \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_O = \left\{ \begin{matrix} X_O \vec{x} + Y_O \vec{y} + Z_O \vec{z} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_O$$

Il s'agit de la liaison équivalente d'une liaison rotule. Ainsi, on peut modéliser un roulement à billes à contact oblique par une liaison rotule. L'angle de rotulage est inférieur à 10'.

3.2 Roulements à billes à contact radial



Situation de référence

$$\{T(Billes \rightarrow BE)\} = \left\{ \begin{matrix} Y_O \vec{y} + Z_O \vec{z} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_O$$

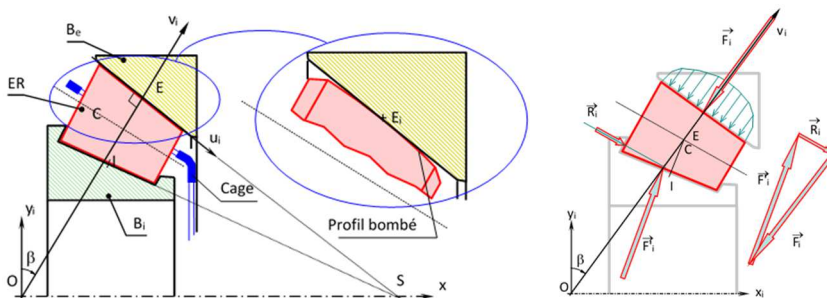
Le roulement à billes à contact radial peut être modéliser par une liaison sphère – cylindre (linéaire annulaire) d'axe (O, \vec{x}) .

Situation sous charge

$$\{T(Billes \rightarrow BE)\} = \left\{ \begin{matrix} X_O \vec{x} + Y_O \vec{y} + Z_O \vec{z} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_O$$

Le roulement à billes à contact radial peut être modéliser par une liaison rotule de centre O . Angle de rotulage inférieur à 10'.

3.3 Roulement à rouleaux coniques



- En étudiant l'équilibre d'un rouleau, on conclue que le support du glisseur \vec{F}_i passe par le point O .
- En étudiant l'équilibre de la bague intérieure + les rouleaux, on en déduit qu'un roulement à rouleaux coniques peut être modélisé par une rotule de centre O (angle de rotulage inférieur à 2').

4 MONTAGE DES ROUEMENTS

Le montage des roulements doit permettre de réaliser une liaison pivot. Pour cela il est nécessaire de maîtriser :

- les arrêts axiaux des bagues des extérieures et/ou intérieures des roulements ;
- les ajustements des bagues intérieures par rapport à l'arbre et des bagues extérieures par rapport à l'alésage.

4.1 Les arrêts axiaux

4.1.1 Règles de montage

Les bagues tournantes par rapport à la charge sont ajustées serrées et doivent être fixées latéralement (épaulées des deux cotés).

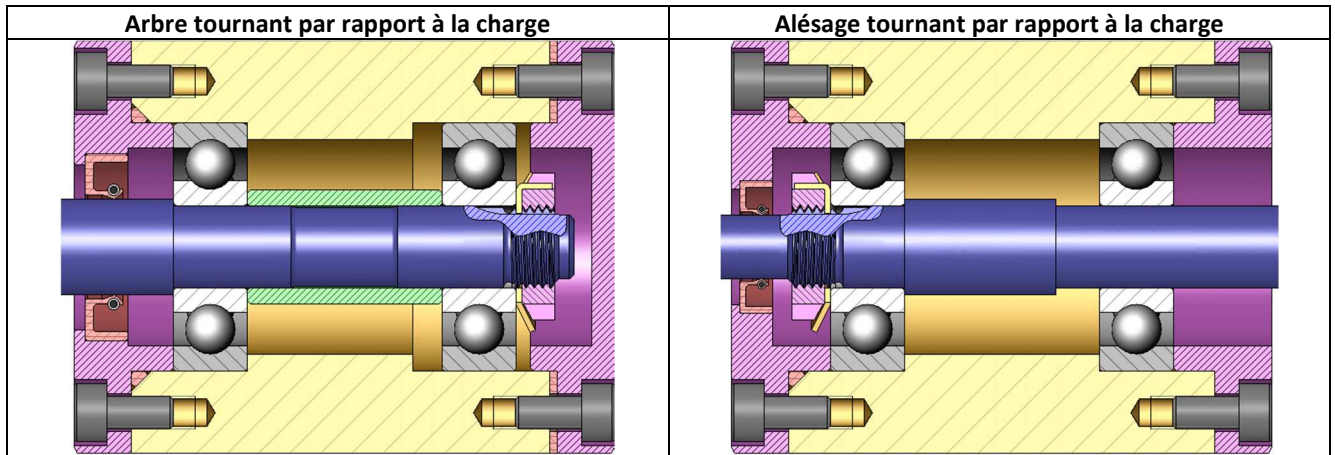
La fixation latérale des bagues ajustées avec jeu (montées glissantes) doit :

- éliminer toutes translations possibles de l'arbre par rapport au logement ;
- éviter les oppositions mutuelles entre roulements ;
- éliminer les mouvements internes parasites (translation de bagues ou de roulement).

4.2 Montages des roulements à billes

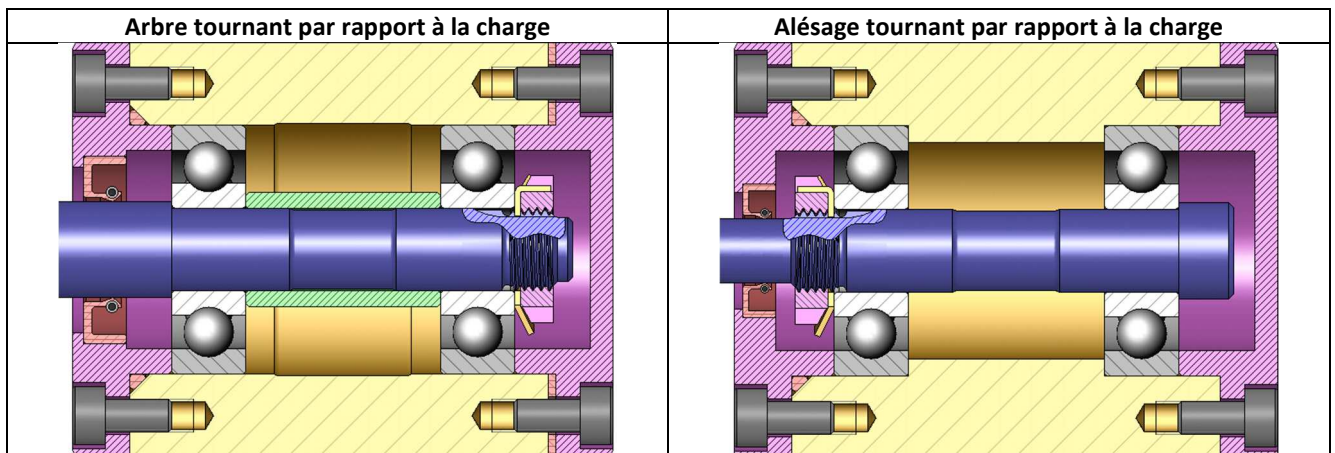
4.2.1 Montages à arbre long

Bien adaptés aux arbres de grande longueur qui subissent un gradient de température élevé. Le roulement de gauche encaisse les efforts axiaux.



4.2.2 Montages à arbre court

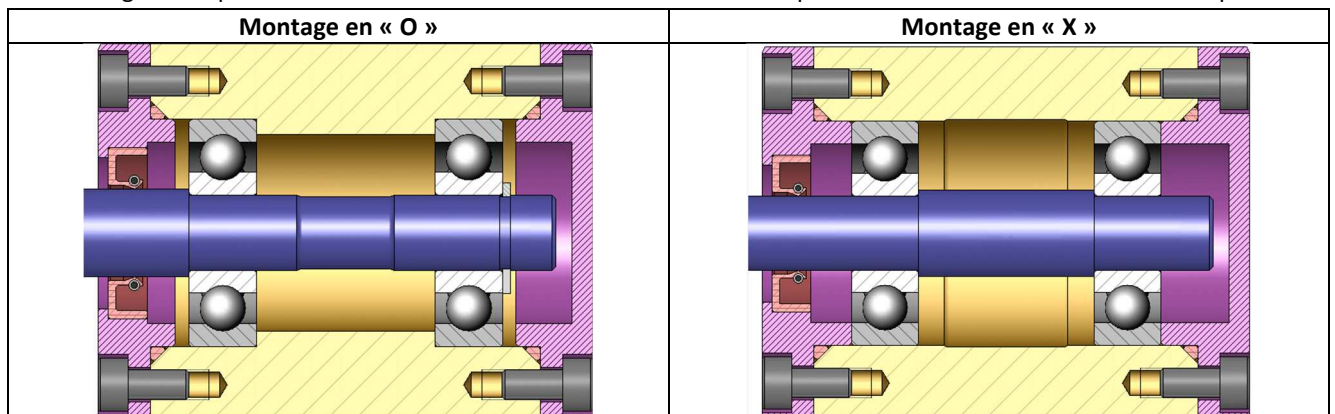
Bien adapté aux arbres de faibles longueurs qui ne subissent pas un gradient de température élevé. Chaque roulement encaisse les efforts axiaux dans un sens.



Attention : un jeu minimum est nécessaire pour éviter les surcharges dus à la dilation dans le cas numéro « 3 » il est par exemple possible d'interposer des cales de réglage du joint plat sur le flasque de droite. Dans le cas numéro « 4 » il est possible de régler le jeu grâce à l'écrou à encoches.

4.2.3 Montages « économiques » (en « O » ou en « X »)

Ces montages sont plutôt destinés aux roulements à billes à contact oblique ou aux roulements à rouleaux coniques.



4.3 Montage des roulements à rouleaux coniques

- ☐ Ces roulements n'encaissant des efforts que dans un seul sens, cela implique de les monter en opposition.
- ☐ Il est indispensable de concevoir un moyen permettant de régler la précharge garantissant le fonctionnement du roulement.
- ☐ La bague servant au réglage de la précharge doit être légèrement glissante.

Quatre critères permettent de choisir entre un montage en « O » ou en « X » : le montage, la rigidité, la température et le cas d'utilisation.

| | Montage en « O ». | Montage en « X ». |
|-----------|--|---|
| Montage | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plus complexe à réaliser. <input type="checkbox"/> Plus d'usinages et plus de pièces. <input type="checkbox"/> Dans un montage arbre tournant, la bague intérieure doit être montée glissante pour régler le jeu interne. <input type="checkbox"/> Montages en porte-à-faux. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Montage simple et économique (moins d'usinages nécessaires). <input type="checkbox"/> Dans un montage arbre tournant, le réglage du jeu interne est effectué sur la bague extérieure. |
| Rigidité | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bonne rigidité axiale. <input type="checkbox"/> Bonne rigidité radiale du fait de l'éloignement des centres de poussée. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bonne rigidité axiale. <input type="checkbox"/> Rigidité radiale diminuée du fait de la proximité des centres de poussée. |
| Temp | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La dilatation de l'arbre diminue la charge sur les roulements et augmente le jeu interne | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La dilatation de l'arbre augmente la charge sur les roulements et diminue le jeu interne. |
| Utilisat° | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Préférable pour les alésages tournants. <input type="checkbox"/> Utilisé pour des arbres tournants avec organes de transmission en dehors des roulements. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Préférable pour les arbres tournants avec organes de transmission entre les roulements. |

4.4 Choix des ajustements

Un ajustement est qualifié de libre, serré ou incertain :

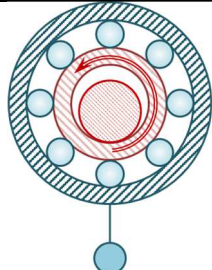
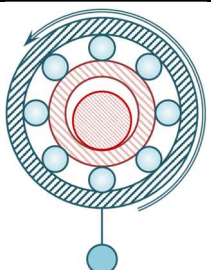
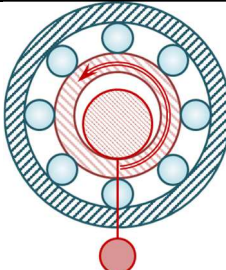
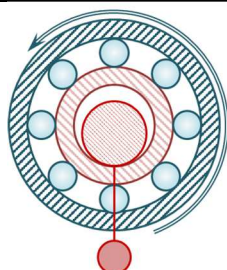
- ☐ un ajustement libre autorise un mouvement relatif entre la bague et l'arbre (ou l'alésage) ;
- ☐ un ajustement serré nécessite un effort important au montage, cet effort pouvant être exercé par un outil allant du maillet à la presse hydraulique ;
- ☐ un ajustement incertain est un ajustement dont on ne peut garantir qu'il soit serré ou libre, selon la série de pièces avec lequel il est constitué. Il est généralement déconseillé.

Règle sur les ajustements

- ☐ Si une bague tourne par rapport à la direction de la charge exercée sur le roulement, elle doit être ajustée avec serrage.
- ☐ Si elle est fixe (non tournante) par rapport à la direction de la charge, elle doit être ajustée avec jeu.

L'ajustement est le fruit de l'association de deux tolérancements : celui de l'arbre et celui de la bague intérieure ou celui de la bague extérieure et de l'alésage. En conception, le tolérancement des bagues est imposé par le constructeur du roulement. Seuls les diamètres de l'arbre et de l'alésage sont à choisir !

4.4.1 Règles de montage

| BI tournante. Charge fixe | BE tournante Charge tournante | BI tournante Charge tournante | BE tournante Charge fixe | | |
|---|---|--|---|---|--------------------------------------|
|  |  |  |  | | |
| BI serrée – BI libre. | BI serrée –BE libre. | BI libre – BE serrée. | BI libre – BE serrée. | | |
| Montage poulie | Moyeu tournant avec balourd | Arbre tournant avec balourd | Roue arrière voiture | | |
| Charge normale Arbre : k6 Moyeu H7 | Charge élevée Arbre : m6 Moyeu H7 | Avec chocs Arbre : p6 Moyeu J7 | Charge normale Arbre : g6 Moyeu K7 | Charge élevée Arbre : g6 Moyeu N7 | Avec chocs Arbre : g6 Moyeu P7 |