

Un ensemble de pièces est **guidé en translation** par rapport à un autre lorsque les contacts ne permettent plus qu'**un degré de liberté** entre les deux : une translation suivant un axe. Autrement dit, la liaison entre les deux ensembles dans le schéma cinématique minimal du mécanisme est une **liaison GLISSIERE**.

## SOMMAIRE

### 1. SUPPRIMER DES DEGRES DE LIBERTES par des contacts directs

- 1.1. ASSOCIATION DE CONTACTS PONCTUELS
- 1.2. ASSOCIATION PIVOT GLISSANT + LIAISON PONCTUELLE
- 1.3. ASSOCIATION PIVOT GLISSANT + LINEAIRE RECTILIGNE
- 1.4. ASSOCIATION DE DEUX PIVOTS GLISSANTS
- 1.5. ASSOCIATION D'APPUIS PLANS
- 1.6. GLISSIERES DITES « OUVERTES »

### 2. REMPLACER LE GLISSEMENT PAR DU ROULEMENT

- 2.1. UTILISATION DE GALETS.
- 2.2. INTERPOSITION DE CAGES LINEAIRES
- 2.3. PATINS A RECIRCULATION DE ROULEAUX (OU DE BILLES)
- 2.4. DOUILLES A BILLES

### 3. FROTTEMENTS dans les glissières

- 3.1. Eviter le phénomène d'ARC-BOUTEMENT
- 3.2. AMELIORER LE GLISSEMENT POUR REDUIRE LES PERTES D'ENERGIE
  - 3.2.1. Matériaux en contact
  - 3.2.2. Lubrification
  - 3.2.3. Interposition d'éléments roulants

### 4. PRECISION d'une liaison glissière

### 5. COMPLEMENTS D'INFORMATIONS

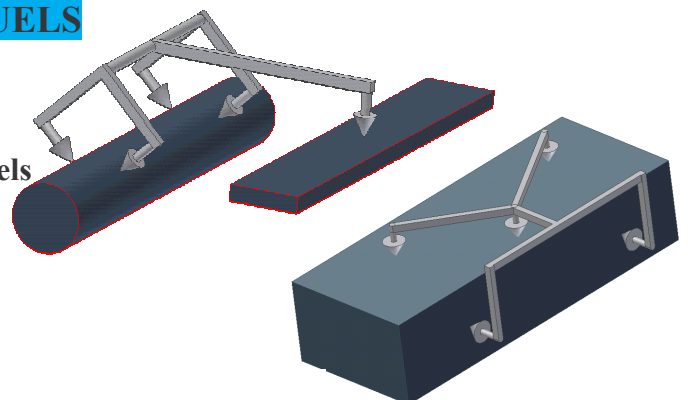
### 6. SYNTHESE

## 1. SUPPRIMER DES DEGRES DE LIBERTES par des contacts directs

### 1.1. ASSOCIATION DE CONTACTS PONCTUELS

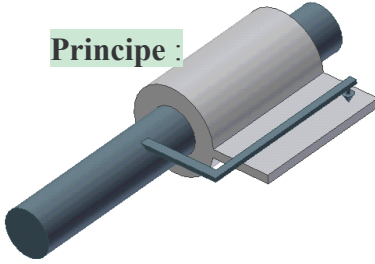
En théorie, il suffirait, pour réaliser technologiquement une glissière entre deux solides, de supprimer 5 degrés de liberté, **ce qui peut être fait avec 5 contacts ponctuels** judicieusement disposés.

Ces solutions parfaitement isostatiques ne sont guère raisonnables en pratique, car beaucoup trop limitées au niveau des efforts transmissibles.

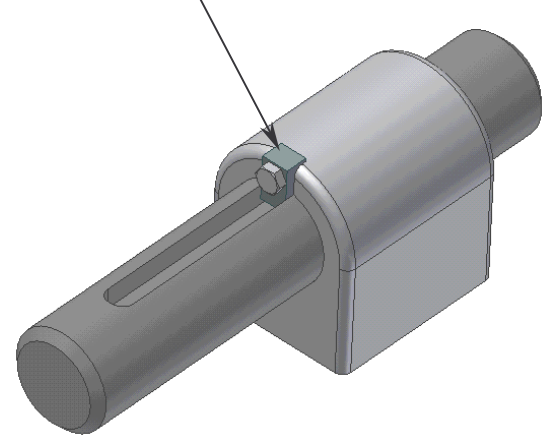
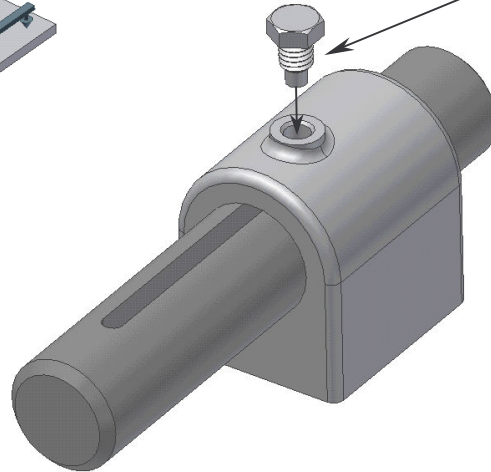


## 1.2. ASSOCIATION PIVOT GLISSANT + LIAISON PONCTUELLE

**Principe :**



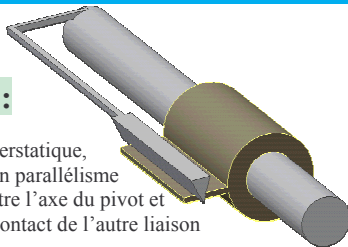
**Réalisations pratiques :** avec vis à téton, ou ergot, et un arbre rainuré.



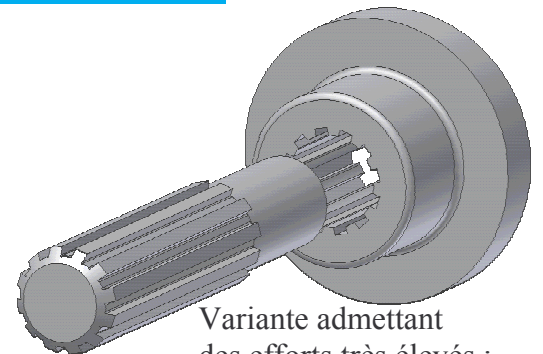
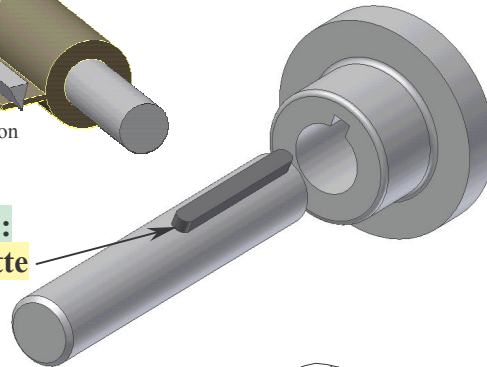
## 1.3. ASSOCIATION PIVOT GLISSANT + LINEAIRE RECTILIGNE

**Principe :**

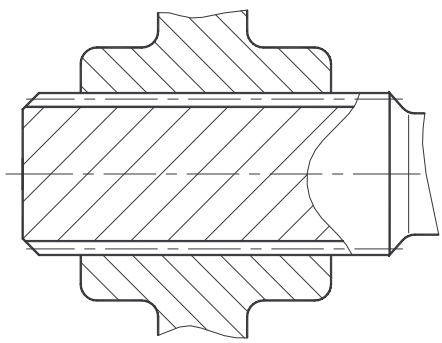
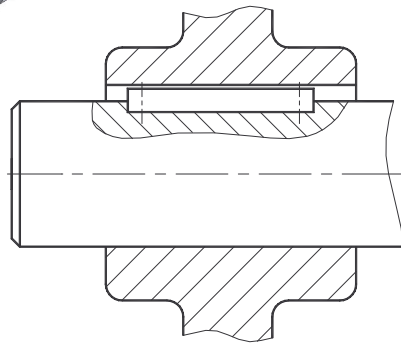
Solution hyperstatique, qui impose un parallélisme rigoureux entre l'axe du pivot et la droite de contact de l'autre liaison



**Réalisation pratique :** avec **clavette**



Variante admettant des efforts très élevés : **cannelures**

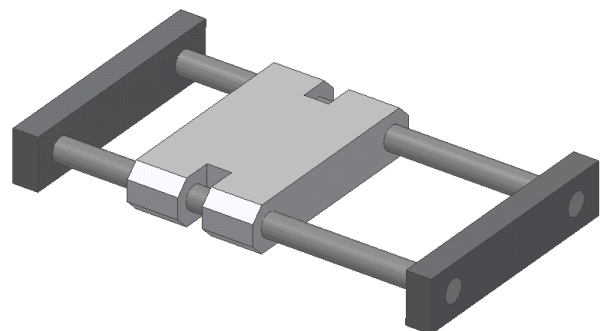


## 1.4. ASSOCIATION DE DEUX PIVOTS GLISSANTS

Solution hyperstatique mais cependant classique, nécessitant un parfait parallélisme et un entraxe précis entre les deux colonnes et entre les deux alésages.

Des bagues de frottement en bronze, avec des colonnes en acier trempé achetées toutes faites, faciliteront le glissement à moindre frais.

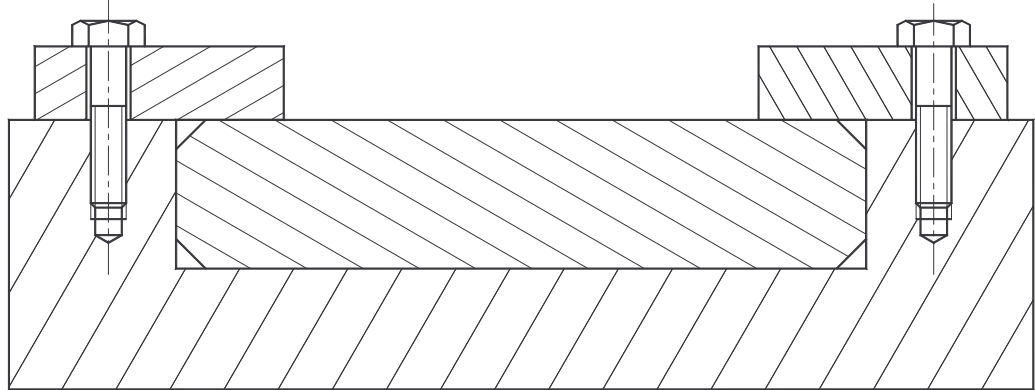
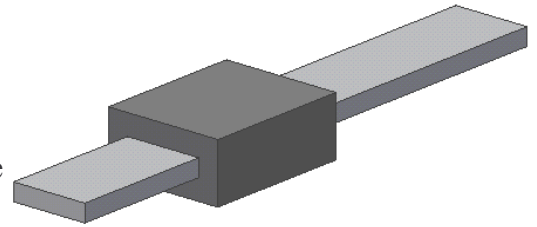
L'utilisation de douilles à billes est aussi possible... à condition d'y mettre le prix !.



## 1.5. ASSOCIATION D'APPUIS PLANS

### 1.5.1. Section rectangulaire

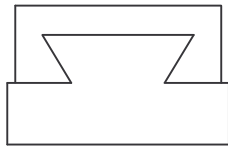
Cette solution qui paraît une des plus logiques pour réaliser une glissière n'est pas forcément la plus facile à fabriquer. La pièce femelle doit être en plusieurs parties pour être usinable facilement.



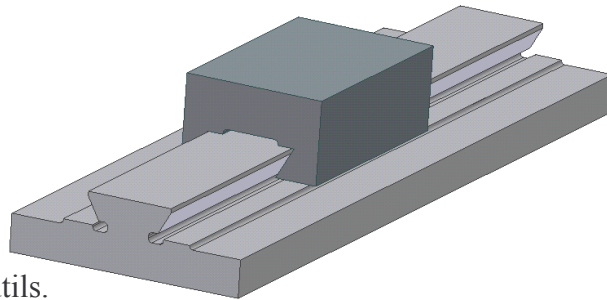
N'oublions cependant pas qu'il existe d'autres procédés de fabrication que l'usinage, qui permettraient d'obtenir directement un « trou » rectangulaire (électro-érosion, frittage...)

### 1.5.2. Glissières en « queue d'aronde »

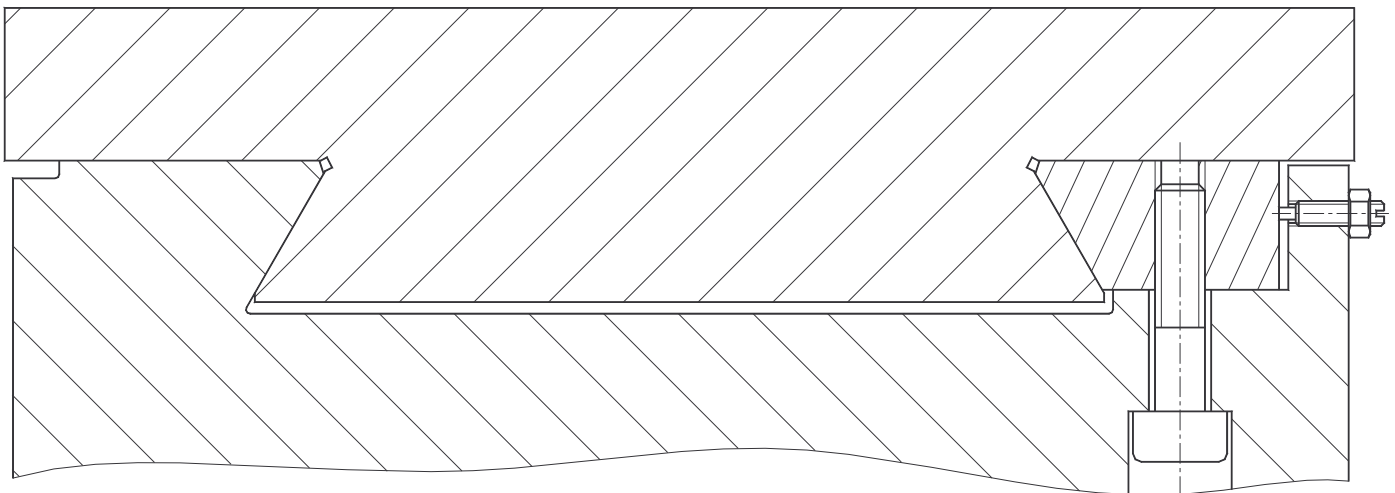
Principe :



Formes très utilisées, en particulier pour guider les chariots mobiles de machines-outils.



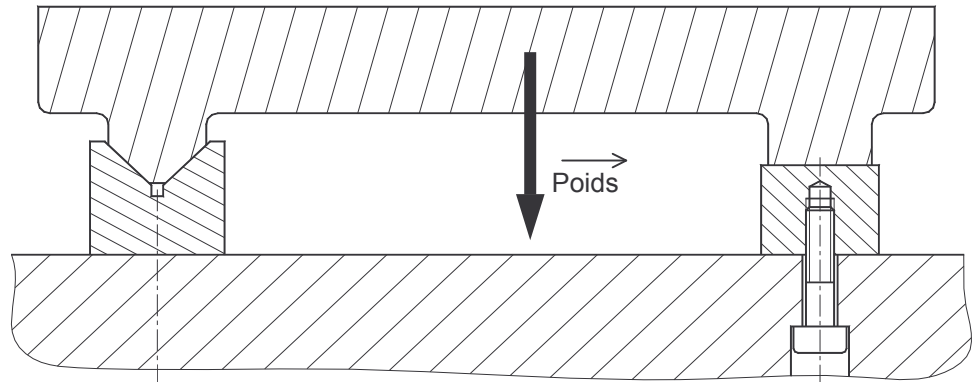
Souvent équipées de systèmes de rattrapage de jeu, par des cales d'épaisseur ajustable, ou par des vis de pression comme sur l'exemple ci-dessous :



## 1.6. GLISSIÈRES DITES « OUVERTES »

D'une façon générale, une glissière est dite « ouverte » si elle nécessite l'application d'efforts dans un sens particulier pour que les contacts s'effectuent normalement.

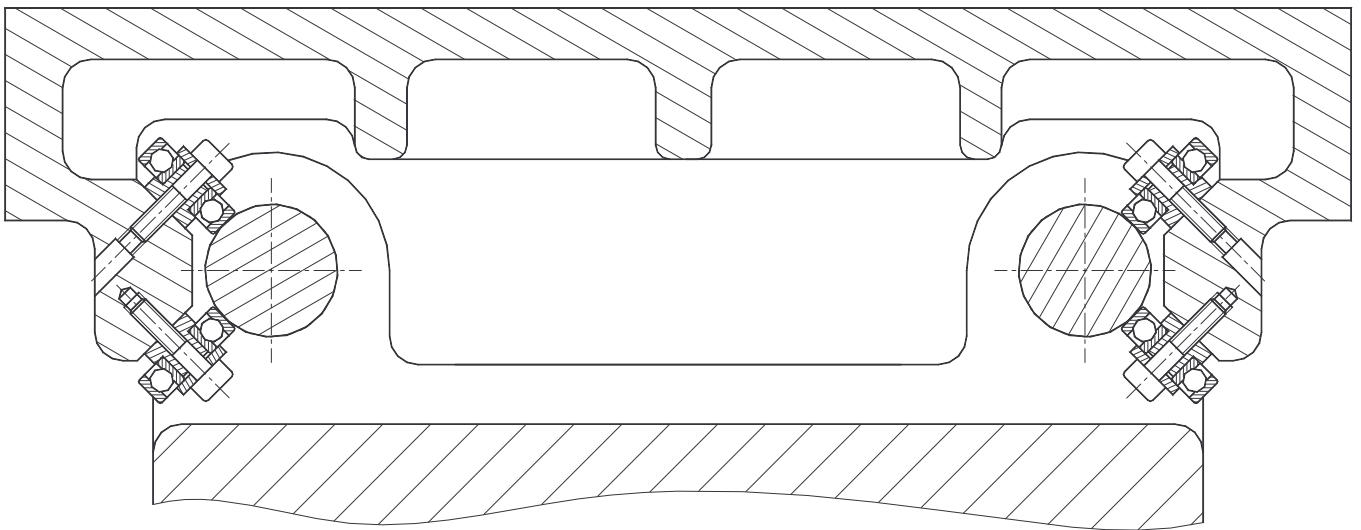
Il s'agit le plus souvent d'utiliser la pesanteur pour assurer les mises en contact, comme sur l'exemple ci-contre :



## 2. REMPLACER LE GLISSEMENT PAR DU ROULEMENT

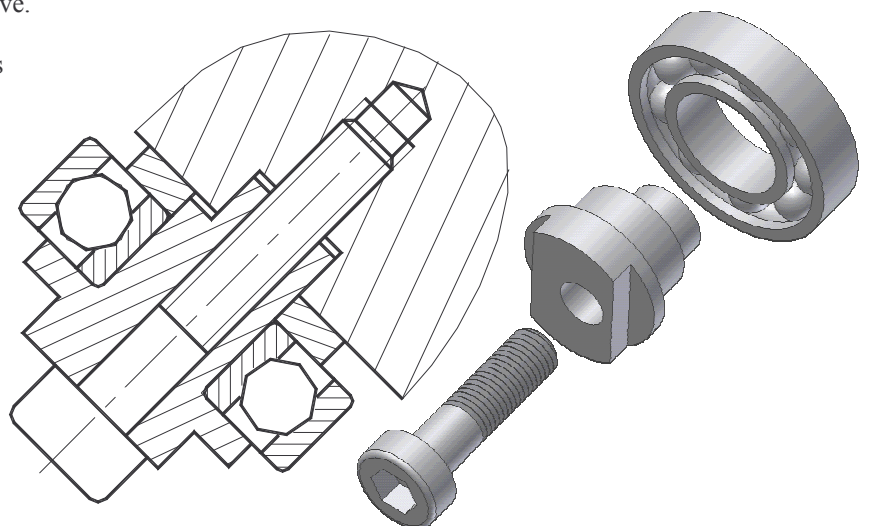
### 2.1. UTILISATION DE GALETS.

Ces galets peuvent être constitués à partir de roulements classiques, mais il existe des roulements dont la bague extérieure présente un profil spécial pour ce genre d'utilisation.



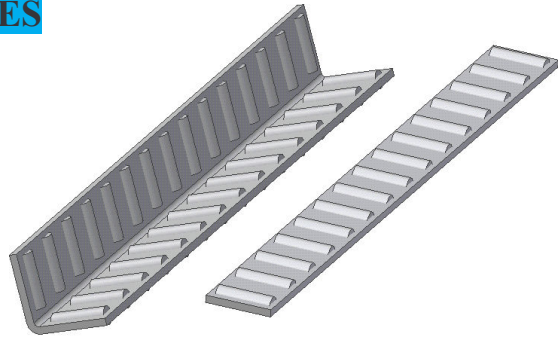
L'exemple ci-dessus comporte 2 fois 4 galets en vé.  
Il existe bien sûr plusieurs dispositions possibles pour les roulements, avec des rails présentant des surfaces de roulement circulaires ou planes.  
Remarquez qu'une solution mettant en œuvre 5 galets sera isostatique.

Il est possible d'annuler le jeu dans la glissière, avec un ou plusieurs roulements montés par exemple sur un excentrique de réglage, comme ci-contre :

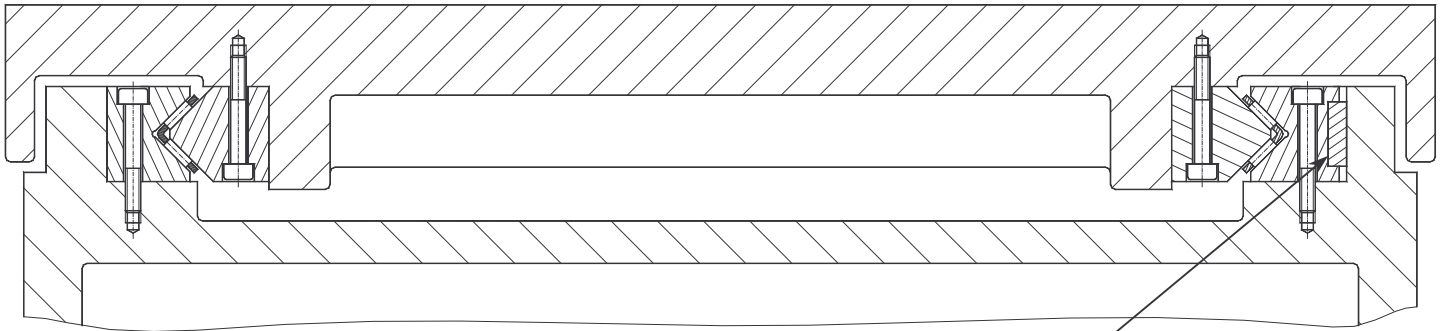


## 2.2. INTERPOSITION DE CAGES LINEAIRES

Ces cages comprennent des éléments roulants qui sont des billes, des aiguilles ou des rouleaux.  
Elles pourraient être intégrées à différentes solutions vues précédemment :  
queue d'aronde, glissière ouverte, ...  
On leur associe le plus souvent un système de rattrapage du jeu de fonctionnement

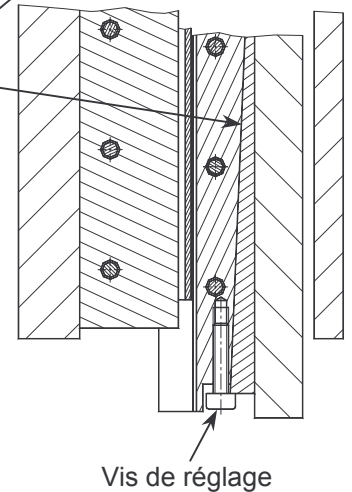


Exemple de montage :



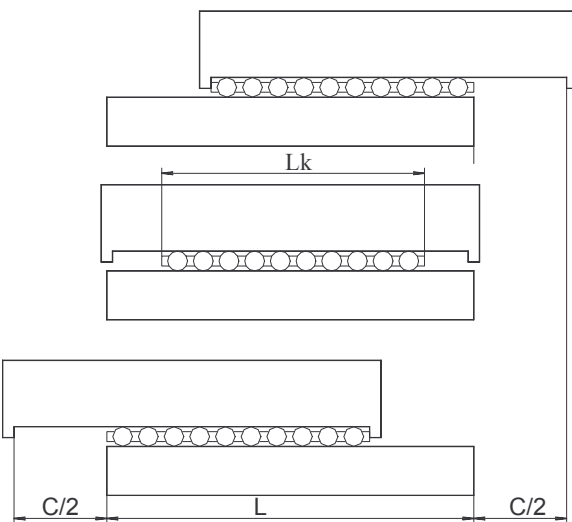
Le rattrapage de jeu se fait ici par un rail et une cale inclinés

La pente, exagérée pour la compréhension du dessin, est en réalité de l'ordre de 1%



Vis de réglage

Les cages avancent deux fois moins vite que le chariot :  
attention à la course et à l'encombrement !



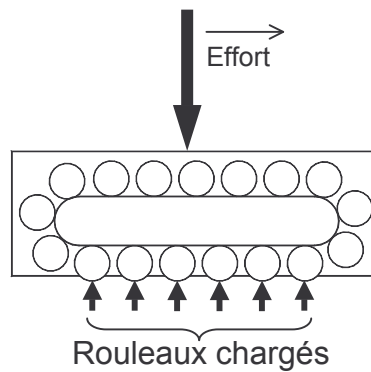
L = Longueur du guidage  
C = Course totale du chariot  
Lk = longueur totale des cages

$$L = Lk + C/2$$

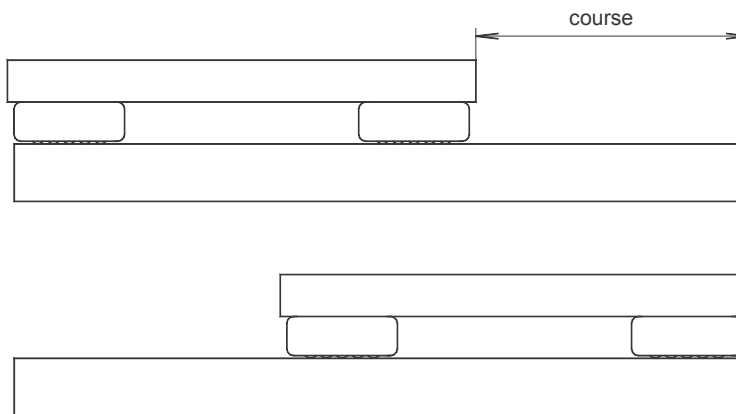
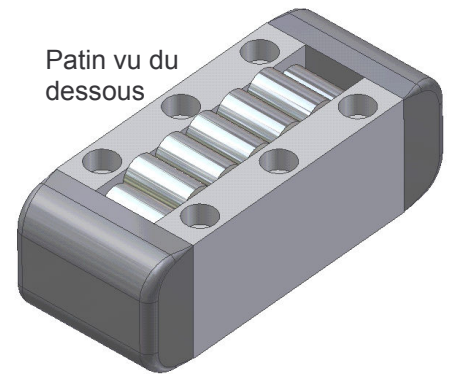
## 2.3. PATINS A RECIRCULATION DE ROULEAUX (OU DE BILLES)

Les éléments roulants forment une sorte de chaîne, et passent à tour de rôle de la phase utile où ils roulent sous la charge, à la phase dite de « recirculation », comme une chenille.

D'une section plus encombrante que les cages vues précédemment, ils présentent l'avantage de suivre les mouvements du chariot auquel ils sont fixés. Ils sont donc adaptés à des courses plus importantes

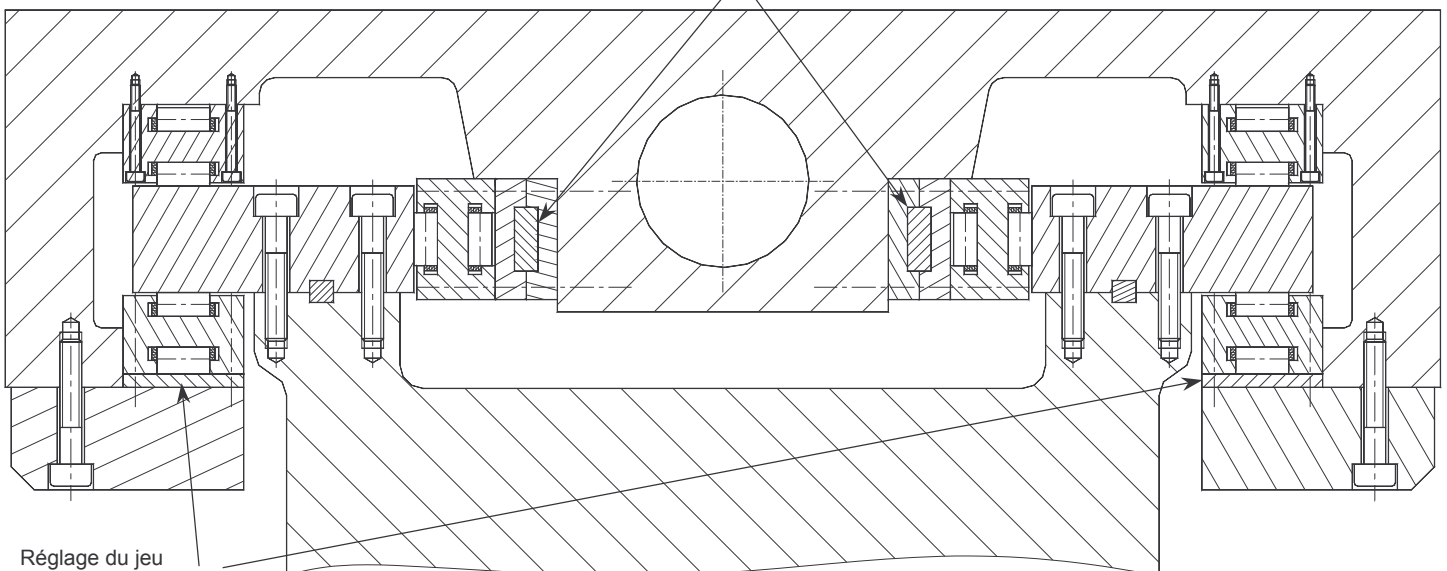


Patin vu du dessous



Exemple de montage sur une table de fraiseuse à commande numérique :

Réglage du jeu latéral par cales inclinées



Réglage du jeu vertical par des cales rectifiées sur mesure

Les patins à rouleaux ou à billes existent dans des formes très diverses, avec des rails adaptés à chacune

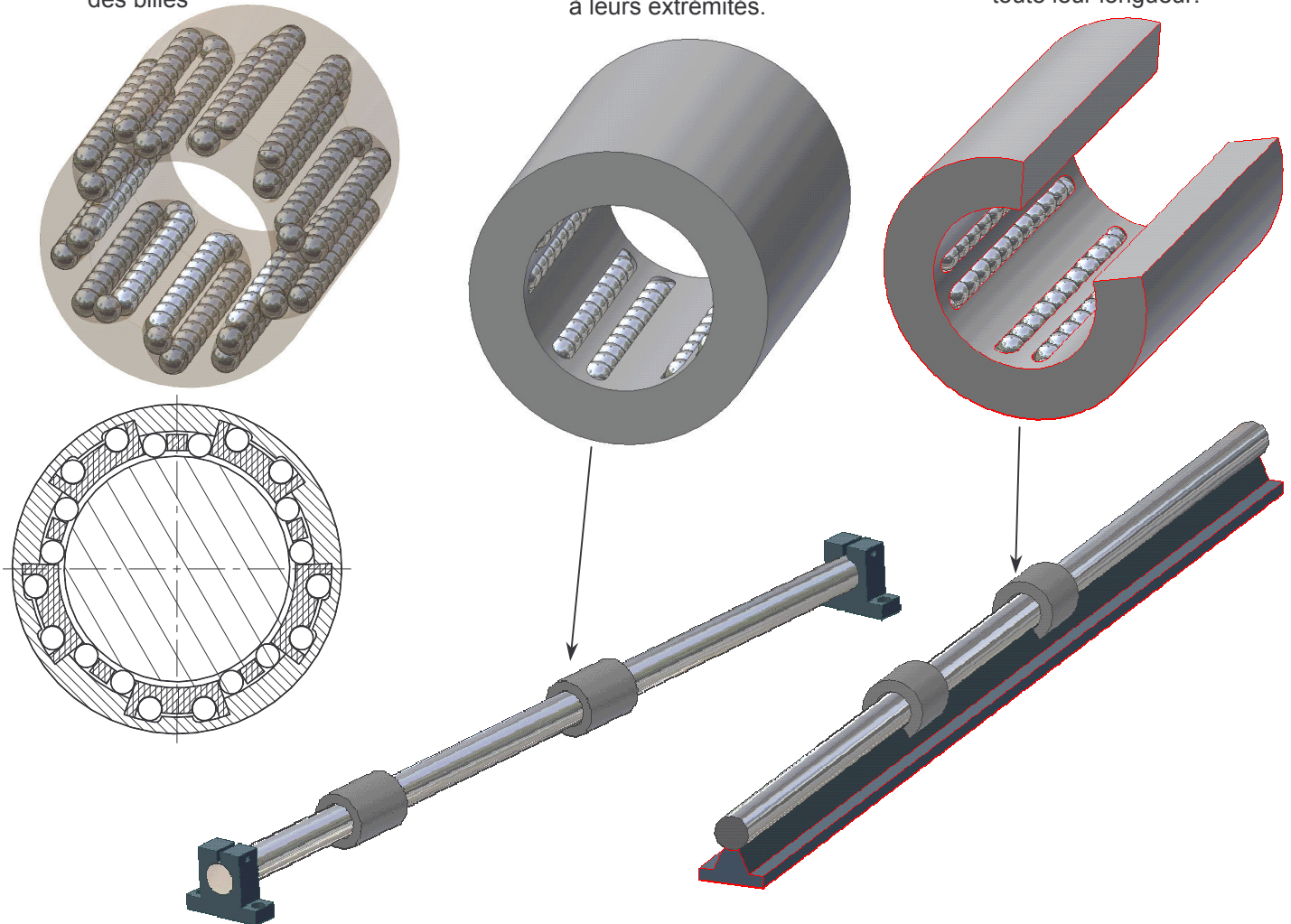
## 2.4. DOUILLES A BILLES

Elles sont basées sur le même principe que les patins : un système de billes avec recirculation assure le roulement, sur des rails de section circulaire.

Principe de répartition des billes

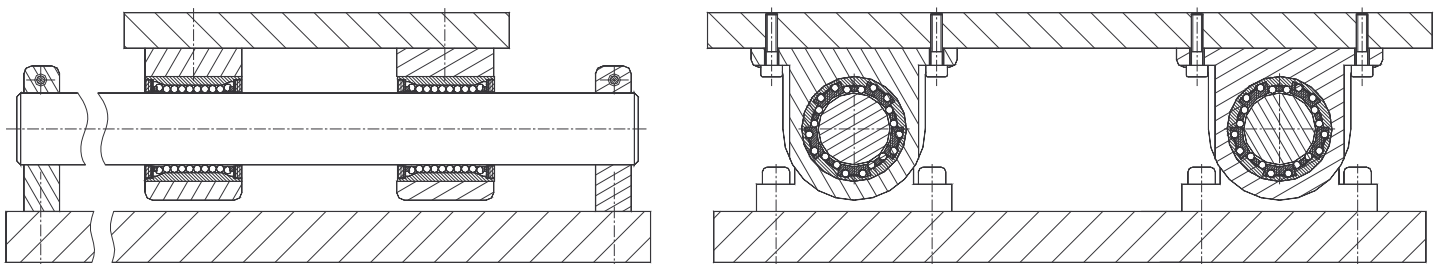
Douille fermée, pour rails maintenus à leurs extrémités.

Douille ouverte, pour rails maintenus sur toute leur longueur.



Une douille à bille ne doit que translater par rapport à son rail, et surtout pas tourner !

Exemple de montage, avec 8 douilles :

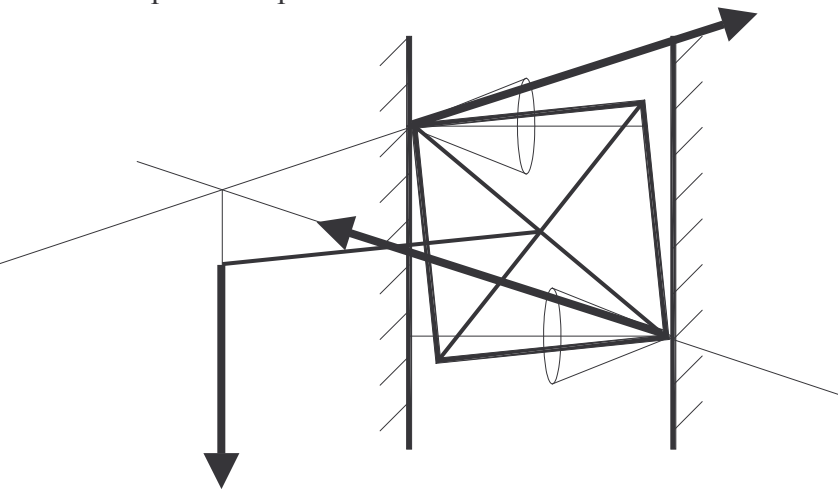


L'hyperstatisme de ce montage impose un parallélisme rigoureux des deux rails.  
En pratique, les vis de maintien du deuxième rail ne sont serrées qu'après avoir réglé minutieusement sa position par rapport au premier.  
(idem pour le montage des douilles sur le chariot)

### 3. FROTTEMENTS dans les glissières

#### 3.1. Eviter le phénomène d'ARC-BOUTEMENT

L'arc-boutement correspond à un coincement irrémédiable de la liaison glissière, et cela quelle que soit la valeur des efforts extérieurs, tel un tiroir qui se bloque si on le pousse un peu de travers : plus on le pousse et plus il se coince !





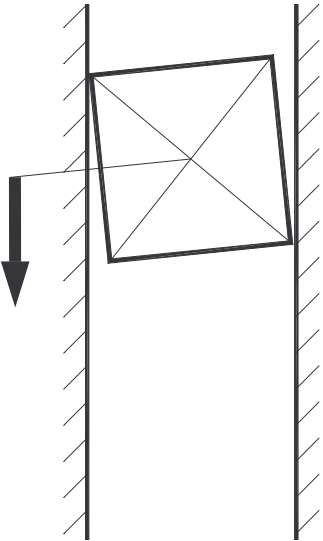
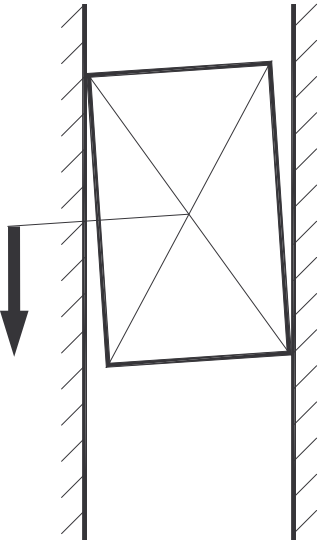
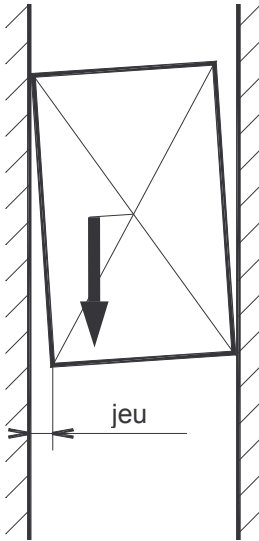
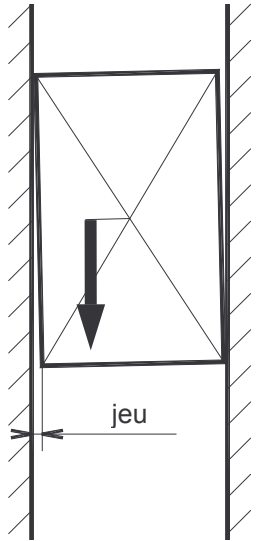


La configuration ci-contre est en arc-boutement, car elle est en équilibre et les directions des efforts sont bien à l'intérieur du « cône de frottement », ainsi que l'imposent les lois sur l'adhérence.

Pour que la glissière remplisse sa fonction, l'équilibre doit être impossible, sachant que les forces ne peuvent jamais sortir de leur cône de frottement.

La démonstration se fait en utilisant les méthodes de résolutions classiques de STATIQUE (analytique ou graphique)

Le risque d'arc-boutement dépend de plusieurs paramètres géométriques :

			
			
<p>Efforts très décentrés Longueur de guidage trop courte</p> <p><b>Risque élevé d'arc-boutement !</b></p>	<p>Augmenter le rapport longueur / largeur de guidage</p>	<p>Recentrer les efforts extérieurs. Le risque d'arc-boutement existe encore pour un jeu trop élevé</p>	<p>Réduire les jeux latéraux</p>

Dans tous les cas, l'arc-boutement dépend du coefficient de frottement, donc des matériaux en contact, de la qualité des surfaces, et de la lubrification.

## 3.2. AMELIORER LE GLISSEMENT POUR REDUIRE LES PERTES D'ENERGIE

### 3.2.1. Matériaux en contact

Il est possible de réduire le coefficient de frottement par un choix judicieux des matériaux en contact, si nécessaire en intercalant des « pièces de frottement » (guides en bronze, en téflon, ...), ou par un traitement de surface approprié (revêtement spécial, vernis de glissement, ...)

Les coefficients de frottement, même avec lubrification, sont de l'ordre de 0,05 à 0,2.

### 3.2.2. Lubrification

La lubrification est nécessaire dans la plupart des cas.

Elle peut être très simpliste : par application de graisse au montage.

On peut prévoir des graisseurs pour faciliter le regarnissage au bout d'un certain temps de fonctionnement

Qui dit lubrification dit **étanchéité** par rapport au milieu extérieur.

Des joints d'étanchéité spécifiques existent pour les mouvements de translation (joints racleurs, feutres,...).

Ils sont parfois même intégrés aux guides standard proposés par les fabricants.

Dans des conditions particulièrement agressives (poussières, copeaux, ...), il est nécessaire de protéger l'ensemble des rails par des soufflets, des mécanismes télescopiques, ou des rideaux à enrouleur automatique.

### 3.2.3. Interposition d'éléments roulants

Le fait de remplacer le glissement par du roulement, à l'aide des dispositifs vus aux paragraphes précédents, permet de réduire énormément les pertes d'énergie.

Cela permet d'éviter aussi les phénomènes de « broutage » (ou « stick-slip ») que présentent les liaisons fonctionnant par glissement, lors du démarrage ou à vitesse faible.

(c'est la transition adhérence / glissement qui en est la cause)

Il reste néanmoins une faible résistance au roulement. On parle alors de coefficients de frottements fictifs, qui sont de l'ordre de 0,0005 à 0,0050.

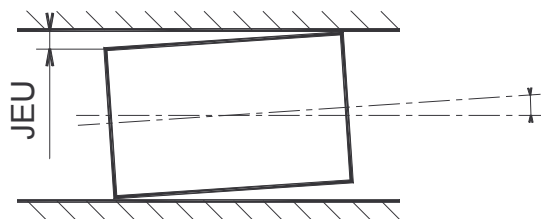
La lubrification est encore nécessaire. Elle peut se faire là aussi à la graisse (les fabricants de douilles, patins, etc, proposent des matériels lubrifiés à vie, avec les joints d'étanchéité intégrés)

Les applications les plus exigeantes (fortes accélérations), peuvent nécessiter une lubrification avec circulation d'huile.

## 4. PRECISION d'une liaison glissière

Si dans la liaison réelle subsiste un jeu, il en résulte une légère rotation préjudiciable à la précision du guidage.

Pour un jeu donné, c'est à dire grosso-modo pour des tolérances, donc un coût de fabrication équivalents, plus la longueur du guidage est élevée, meilleure est la précision.



L'obtention d'un jeu nul n'est possible qu'avec un dispositif de réglage, ou en utilisant des guidages à billes ou à rouleaux dit « précontraints ».

## 5. COMPLEMENTS D'INFORMATIONS

### 5.1. UTILISATION D'ELEMENTS STANDARD

Le travail du concepteur est maintenant grandement facilité par l'existence de toutes sortes d'éléments qu'il suffit de commander chez des fabricants spécialisés.

En ce qui concerne les glissières, on peut trouver des rails de toutes formes, en acier trempé, ainsi que des patins ou bagues de frottement réalisés dans les matériaux adéquats.

On peut acheter par exemple des ensembles arbre-moyeu cannelés tout faits.

Un des avantages à utiliser des éléments standard est que le fabricant fournit les méthodes de calculs nécessaires à la vérification de la tenue de la liaison dans le temps.

### 5.2. CALCULS DE VERIFICATION

En ce qui concerne les liaisons par glissement, on se contente en général de vérifier que la vitesse relative d'une part, et la pression de contact d'autre part, restent en deçà des limites permises par les matériaux (voir les données fournies par le fabricant dans le cas d'utilisation d'éléments standard)

Dans le cas d'éléments roulants, les méthodes se rapprochent des calculs de roulements. On détermine une durée de vie, qui sera statistiquement atteinte avec 90% de chance.

Pour des applications particulièrement précises (machines-outils, bancs de contrôle,...), il est nécessaire de vérifier la rigidité de la liaison, donc de calculer les déformations de tous les éléments (rails, patins, ...) dans les conditions de charge les plus défavorables.

### 5.3. INTEGRATION de la fonction « guider en translation » dans d'autres systèmes

Il est bon de savoir que la fonction « guider en translation » est parfois intégrée dans des mécanismes ayant par ailleurs d'autres fonctions.

Il existe par exemple des vérins pneumatiques dont la tige est déjà guidée en translation par rapport au corps, de façon suffisamment efficace pour que l'on fixe directement dessus l'ensemble mobile, sans que celui-ci soit guidé par ailleurs.

## 6. SYNTHESE

En résumé, les qualités que l'on peut demander à une liaison glissière sont :

- D'abord de glisser ! donc de ne pas présenter de problème d'arc-boutement
- Eventuellement de limiter les pertes par frottement
- De présenter des surfaces de contacts compatibles avec les efforts à transmettre
- D'avoir une certaine précision de guidage, voire un jeu nul (quelle que soit la charge)
- D'être d'un encombrement parfois limité
- D'avoir une durée de vie minimale
- De nécessiter un faible entretien
- etc...

Les critères ci-dessus sont parfois contradictoires, donc il faut trouver le bon compromis.

La bonne solution sera celle qui répondra le mieux au **cahier des charges** (ni plus, ni moins !)...et qui sera la plus économique à réaliser.