

Cycle 2: Concevoir, étudier et réaliser des architectures et solutions technologiques

Chapitre 3 – Architecture de la liaison glissière

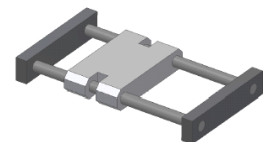
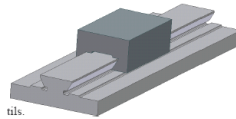
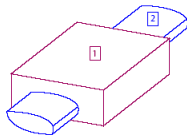
Quelles solution utilisent les industriels pour réaliser des Guidages en translation ?

Nous allons voir dans ce chapitre les différentes solutions, Les contraintes de conception et de fabrication. Nous allons apprendre à valider une solution par le dimensionnement (efforts, pressions de contact, rendement ...)



Problématique

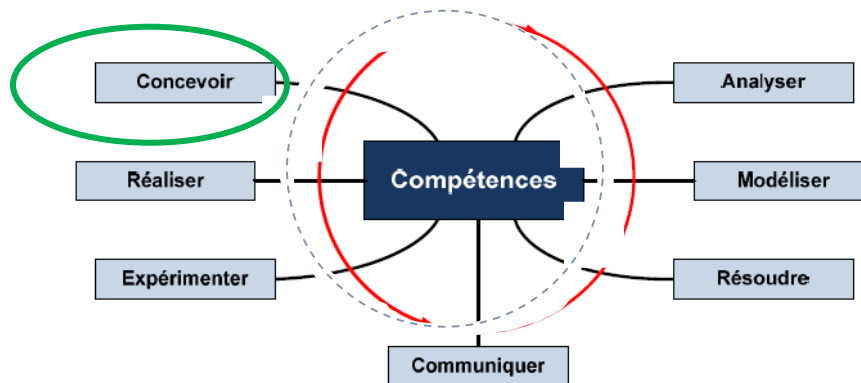
Quels sont les principales architectures pour un guidage en translation ? Comment dimensionner un guidage en translation (répartition des efforts, pression de contact, rendement ...) ?



Savoir

E. Concevoir:

- Proposer une architecture fonctionnelle et structurelle d'un liaison glissière
- Connaître les différentes technologies de guidage en translation (à sec, glissement, roulement)
- Choisir et justifier une solution d'architecture
- Dimensionner une architecture (efforts, pression de contact, rendement...)

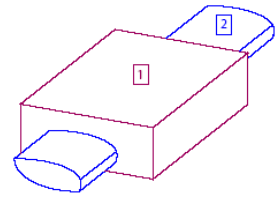




Architecture de la liaison glissière

1. Approche cinématique

Dans le cadre d'une approche cinématique, une liaison glissière entre 2 solides S_1 et S_2 désigne une liaison qui ne permet **qu'un seul mouvement relatif de translation rectiligne entre ces 2 solides**. Pour nommer S_1 et S_2 , les termes de **coulisseau (pièce mobile)** et de **guide (pièce fixe)** sont couramment utilisés.

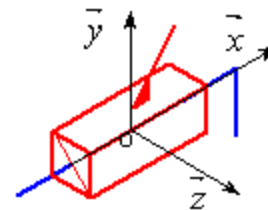


Le mouvement relatif entre S_1 et S_2 peut s'écrire sous la forme du torseur cinématique suivant :

$$\{V_{2/1}\} = \left\{ \begin{array}{l} \Omega_{2/1} = 0 \\ V_{C,2/1} = x\vec{e}_1 \end{array} \right\}$$

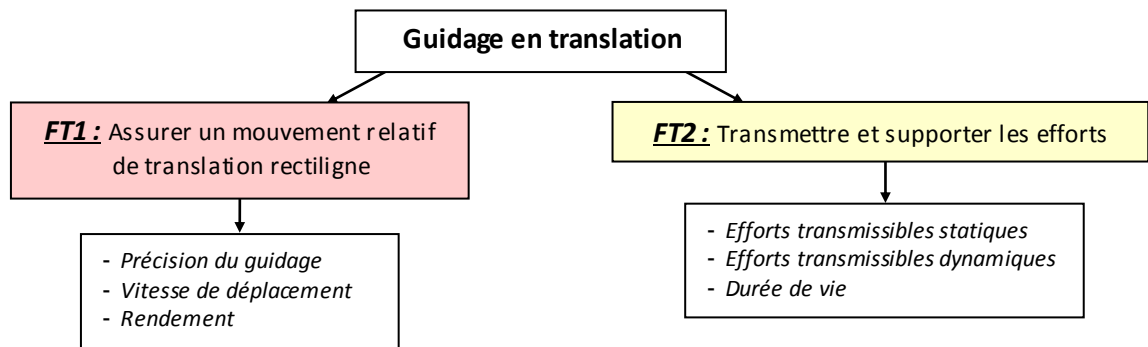
Le torseur statique s'écrit lui :

$$\{TAM_{2 \rightarrow 1}\} = \underset{P}{=} \left\{ \begin{array}{ll} 0 & L_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{array} \right\}_{(\vec{x}, \dots)}$$



2. Approche fonctionnelle

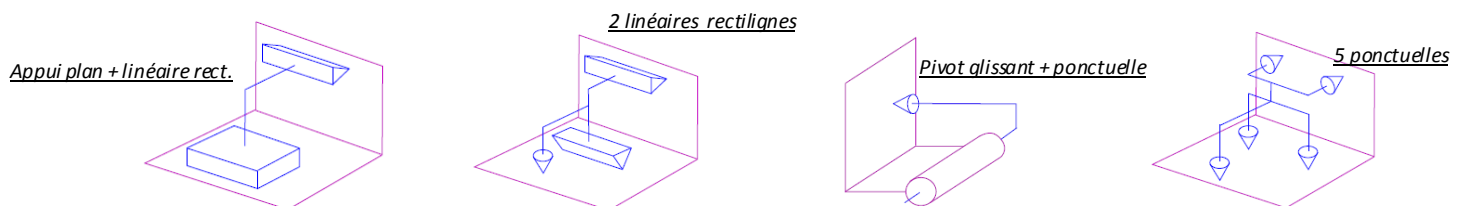
Le guidage en translation doit réaliser, en phase d'utilisation, 2 fonctions définies par des critères :



Dans la réalité, pour assurer la fonction **FT2 : transmettre et supporter les efforts**, il est **impossible d'utiliser des contacts ponctuels ou linéiques**. En effet, pour **limiter les pressions de contact et donc l'usure**, il faut préserver des surfaces d'appui suffisantes. On conçoit ainsi des **plans de superficie réduite**.

3. Technologie des liaisons glissières

Les 2 fonctions ci-dessus peuvent être réalisées soit à l'aide **d'une seule liaison** répondant à tous les critères, soit grâce à une autre solution technologique, consistant à **mettre en parallèle différentes liaisons** formant ensemble une glissière :



Ces 4 possibilités de liaison glissière sont **isostatiques**. Parfois, on préférera d'autres **configurations hyperstatiques pour des raisons de rigidité**.



Architecture de la liaison glissière

Le degré de liberté en translation peut être obtenu aussi bien par **association de surfaces planes que de révolutions**. Selon la nature de ces surfaces assurant la MIP on distinguera :

- *Le guidage prismatique*
- *Le guidage cylindrique*

3.1. Les différents types de guidage

Suivant l'application recherchée, une liaison glissière sera réalisée en utilisant des technologies très différentes. On peut les regrouper en 2 familles : **guidage par glissement, ou par roulement**.

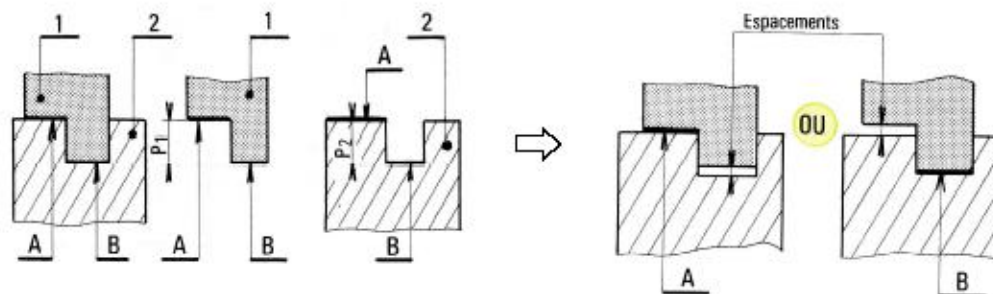
3.1.1. Guidage par GLISSEMENT

Avec ce type de guidage apparait un **frottement** entre le coulisseau et le guide, ce qui entraîne une **perte d'énergie**, une **augmentation de la température** et donc une **usure** entre les 2 pièces. Le **frottement f dépend** de la nature des **matériaux**, de l'**état de surface**. Pour diminuer f , la solution est d'utiliser un **lubrifiant** ou d'interposer des **éléments antifrictions**. Les solutions par queue d'arronde ou par profil rectangulaire exigent un système de rattrapage de jeu pour fonctionner avec précision.

Convient pour des **VITESSES de déplacements FAIBLES ou MODEREES**.

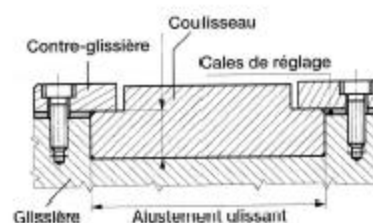
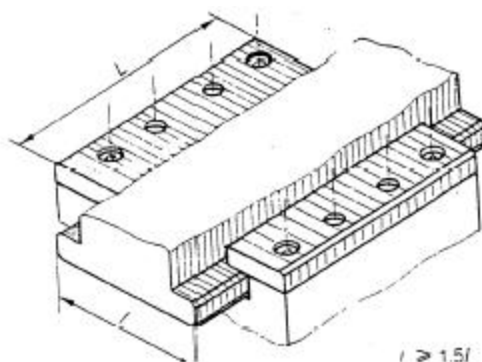
Solutions technologiques de guidage avec formes PRISMATIQUES:

Attention aux contacts surabondants !! : le double contact entre A et B n'est possible que si les cotes P1 et P2 sont rigoureusement égales, ce qui est impossible à réaliser !



Guidage en Tête

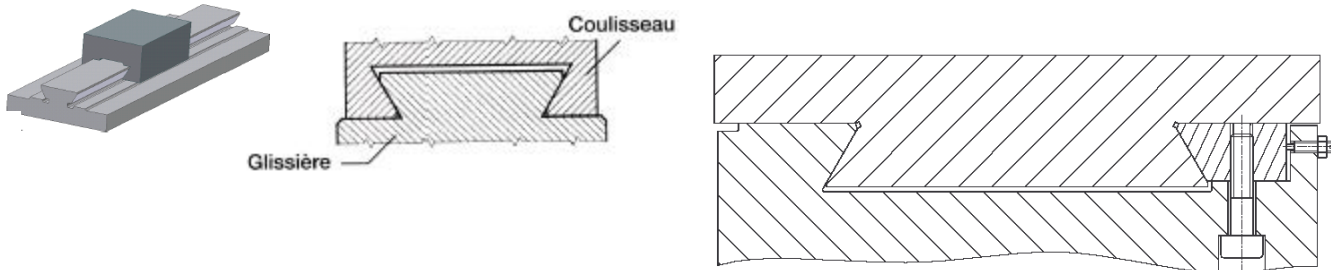
Solution simple mais nécessitant un système de rattrapage de jeu par cales de réglage.



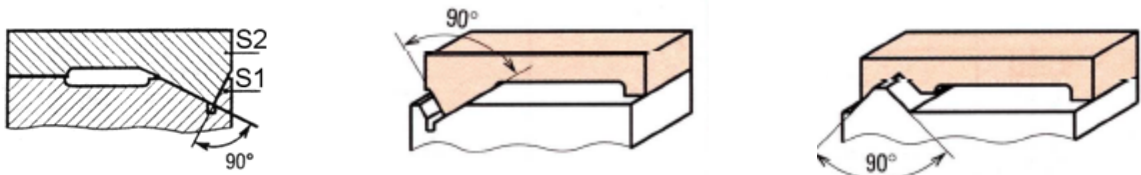
Architecture de la liaison glissière

Guidage en queue d'arronde

Forme très utilisée en particulier pour guider les chariots de machine outil. Ce guidage est souvent de **systèmes de rattrapage de jeu** par des cales d'épaisseur ajustables ou par vis de pression comme ci-dessous.



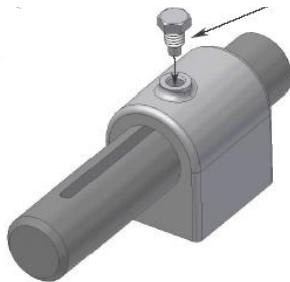
Guidage en plan + vê



Solutions technologiques de guidage avec formes CYLINDRIQUES :

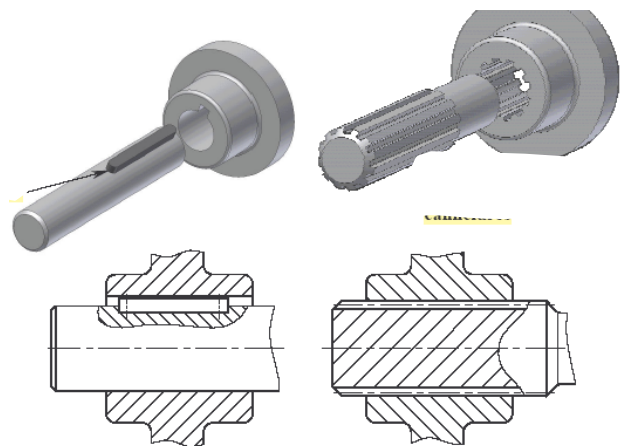
Rainure + vis de pression

Solution simple avec une vis de pression logée dans une rainure (PG + ponct.).



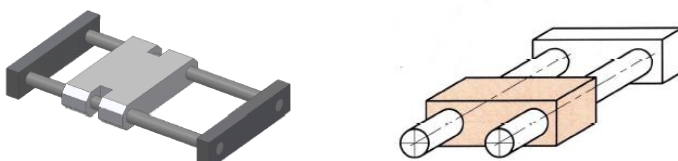
Clavette ou cannelure

Solution hyperstatique qui impose un parallélisme rigoureux (PG + LR).



Double colonne

Solution hyperstatique mais **très classique**. Des bagues de frottement et des colonnes en acier trempé faciliteront le glissement à moindre frais. On peut aussi mettre des douilles à billes (cf solution avec roulement).



3.1.2. Guidage par ROULEMENT

Architecture de la liaison glissière

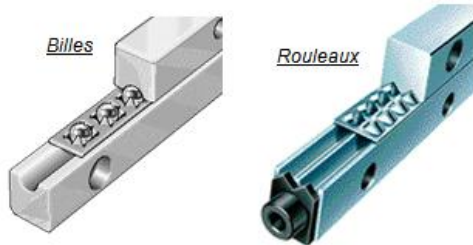
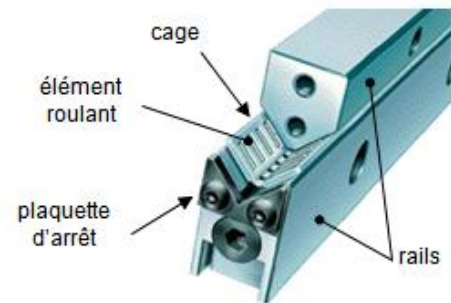
Il s'agit de remplacer le déplacement par glissement par un **déplacement par roulement**. Il suffit d'intercaler entre le coulisseau et le guide des **éléments roulants (billes, rouleaux, aiguilles) STANDARD**.

Cette technologie assure un meilleur rendement mais à un coût plus élevé. Elle améliore les performances (cadences, vitesses...). Aucune lubrification nécessaire sauf pour les éléments roulants.

Guidage par cages à éléments roulants

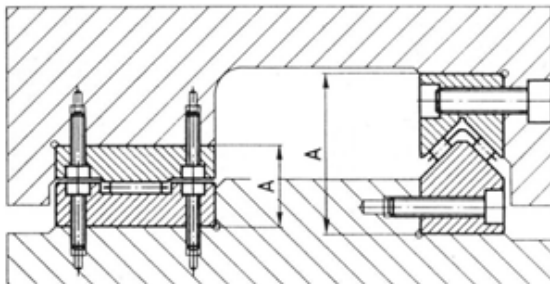
Ils comportent 3 catégories de constituants :

- les **éléments roulants** (avec ou sans cage)
- les **rails de guidage** qui portent les chemins de roulement, liés respectivement au coulisseau et au guide
- les **organes d'arrêt** ou de protection

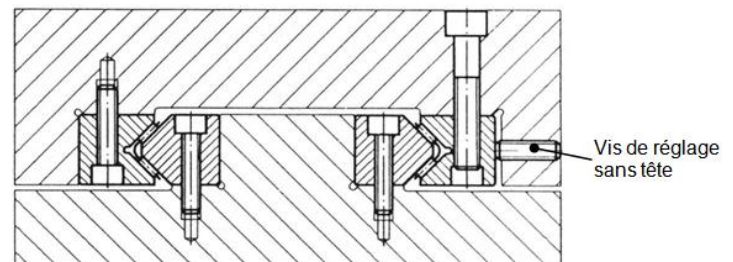


Exemples :

Montage non maintenu avec 2 glissières à aiguilles, une en v^é et une plate



Montage maintenu avec 2 glissières à aiguilles en v^é



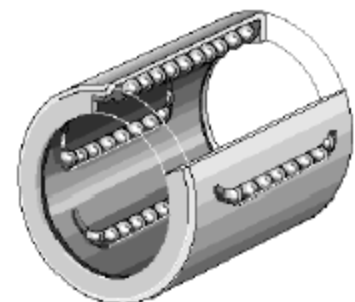
Douilles à billes pour guidage cylindrique

Permettent des fonctionnements sans jeu, améliorent la précision et les performances. Valeur de **coefficient de frottement de 0.001 à 0.005**. Se montent **par paire**.

Utilisées sur les machines outils, robots, systèmes automatisés...

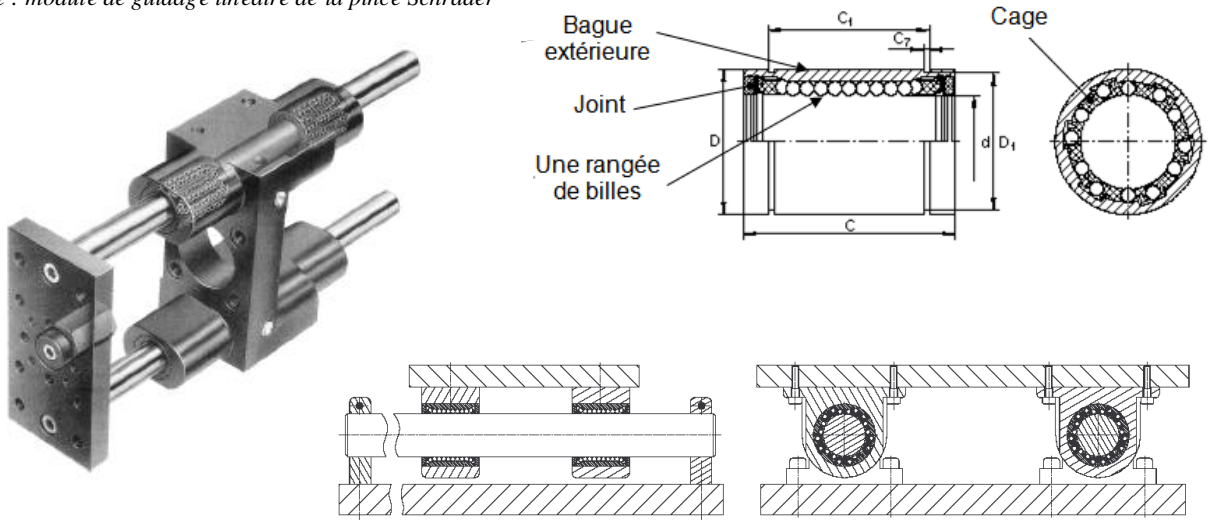
Vitesse de déplacement de **5m/s**.

Economiques pour arbres lisses, ne supportent **que des charges radiales** !



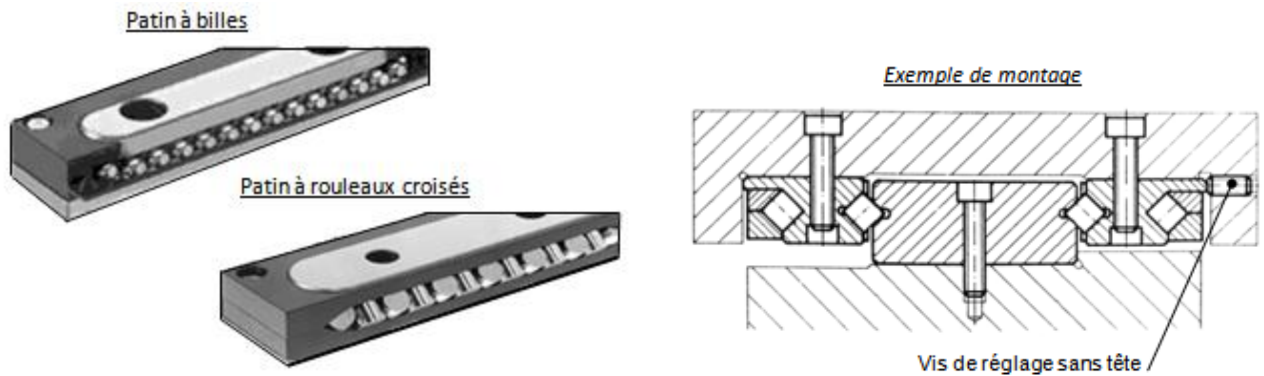
Architecture de la liaison glissière

Exemple : module de guidage linéaire de la pince Schrader



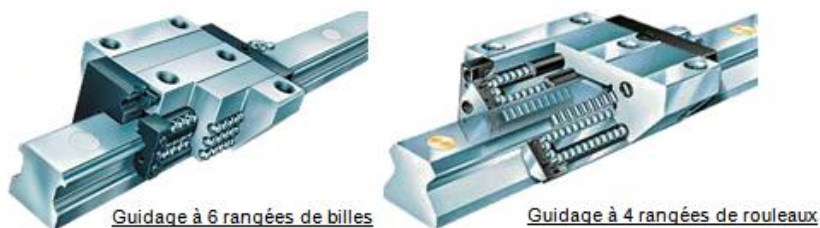
Guidage par patins

Les patins sont des systèmes à **recirculation d'éléments roulants**. Ils sont toujours montés par paire.



Guidage par systèmes complets

Guidages linéaires sur patins utilisés dans la **mécanique de précision** (automation, dispositifs de contrôle et de mesure type MMT...). Ils permettent une **absence totale de jeu** et ils possèdent un **très faible coefficient de frottement** (0.0005 à 0.003). Vitesse de déplacement de **3 à 5 m/s**.

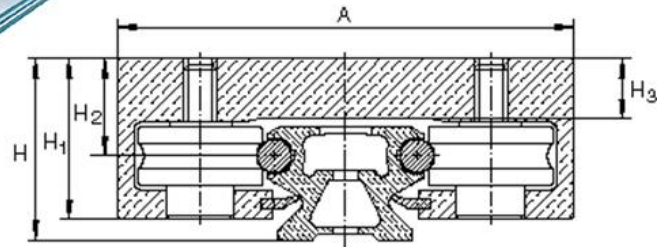




Architecture de la liaison glissière

Guidage par galets

Ils comportent **quatre galets**. Afin de régler le jeu de fonctionnement, deux des quatre galets sont montés sur des **axes excentriques**.



3.1.3. Guidage par interposition d'éléments ANTIFRICTION

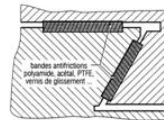
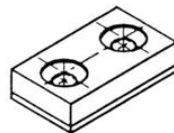
L'interposition d'éléments antifriction entre les surfaces de liaison permet :

- de diminuer le coefficient de frottement
- de reporter l'usure sur ces **éléments interchangeables**

Types d'éléments antifriction :



Élément à visser

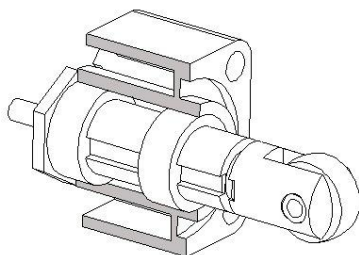


Éléments à coller

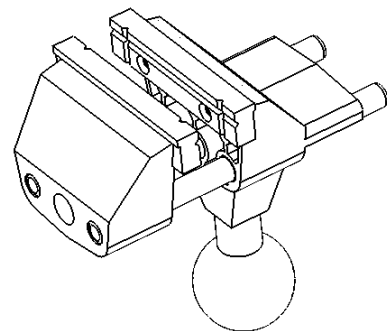
Les matériaux utilisés :

- acier recouvert de PTFE
- bronze fritté autolubrifiant
- polyamide
- Nylon

Exemples :



Coulisseau / corps de l'interrupteur de position



Mors mobile / fixe d'un étai

3.2. Précision d'un guidage – influence du jeu

La précision du guidage dépend principalement :

- de la valeur du **jeu interne du guidage j** (jeu radial)
- de la **longueur du guidage L**

Architecture de la liaison glissière

3.2.1. Contact direct ou par interposition d'éléments antifriction

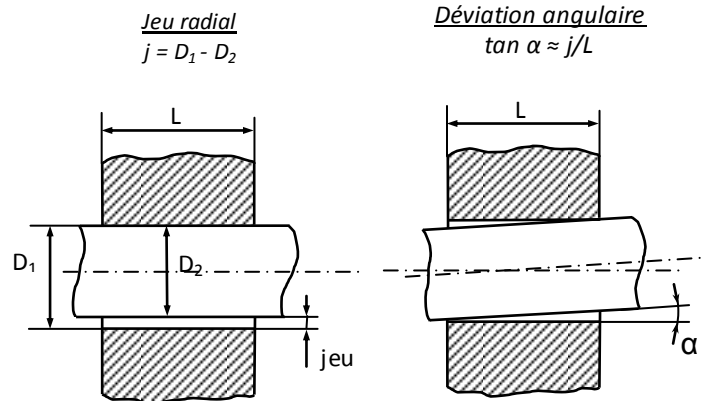
Un **jeu minimal** est nécessaire au fonctionnement de la liaison glissière.
Ce **jeu interne** permet au coulisseau des déplacements transversaux et angulaires.

Le *jeu radial* dépend de l'**ajustement** entre le coulisseau et le guide.

La *déviati on angulaire* est minimisée en augmentant le rapport de guidage L/D. En pratique :

$$2 < L/D < 5$$

Ajustements usuels : **H7g6 : jeu faible**

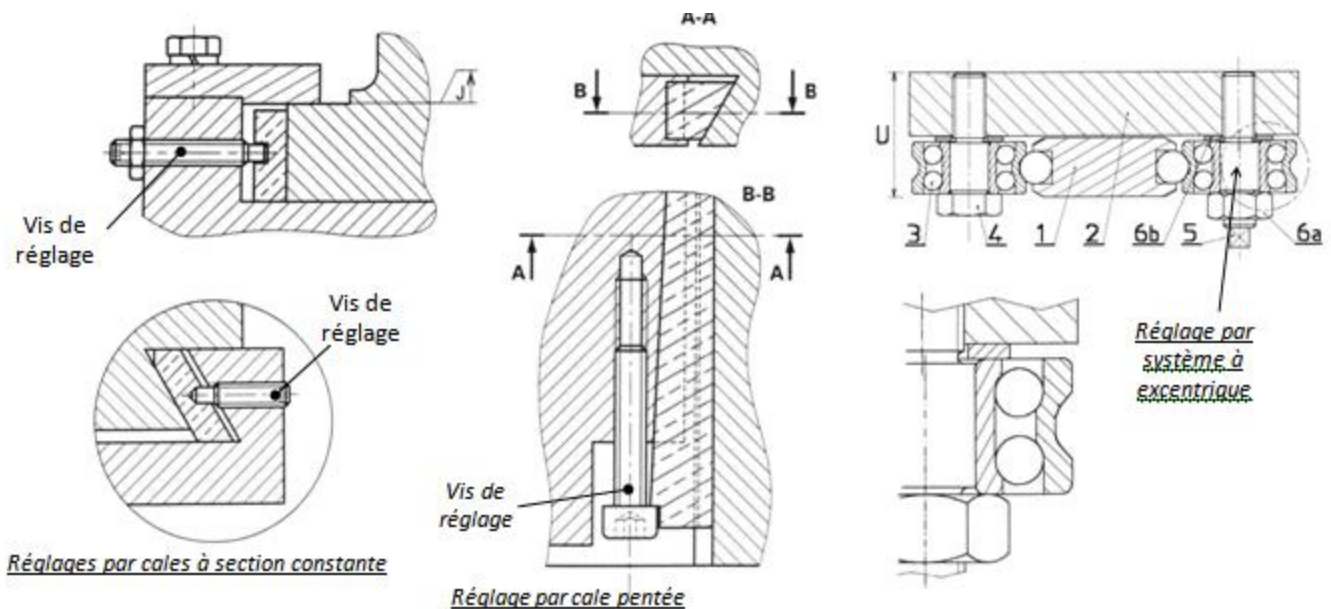


3.2.2. Guidage par interposition d'éléments roulants

Les jeux (initial et d'usure) sont annulés par **réglage ou par précontrainte des éléments roulants**. Les constructeurs donnent les ajustements et les conditions nécessaires au montage de chaque type d'éléments roulants.

3.2.3. Systèmes de rattrapage de jeu

Afin de limiter le jeu dans le guidage, il existe de nombreux systèmes de rattrapage de jeu.





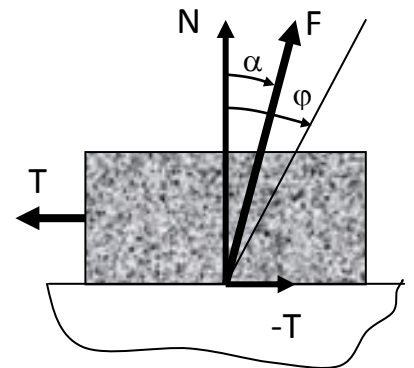
Architecture de la liaison glissière

4. Phénomène de l'arc-boutement

Rappel sur le frottement :

Lorsque "T" est nulle la réaction du sol "F" est verticale. Si on augmente l'effort de traction "T", la réaction du sol "F" sur le bloc s'incline pour s'opposer au mouvement. Tant que l'angle α reste inférieur à φ il n'y a pas de mouvement. On se trouve à l'intérieur du **cône de frottement**.

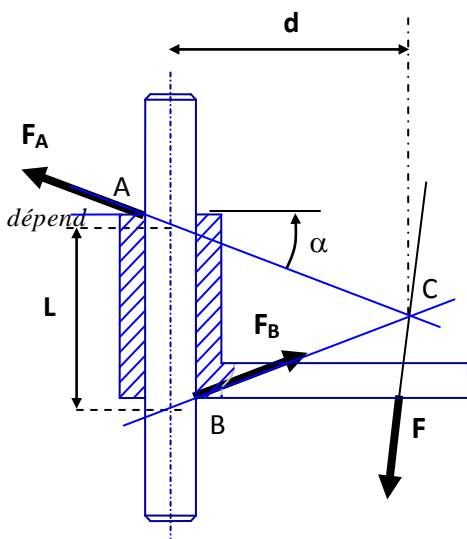
Dès que α devient égal à φ (si T continue d'augmenter) le mouvement commence : la **résultante** restera alors **incliné d'un angle φ** (angle de frottement selon le **modèle de Coulomb**).



Dans le cas d'une **liaison pivot glissant**, on peut savoir s'il y a mouvement ou si il y a **blocage (arc-boutement)**.

Soit "F" la force destinée à déplacer le coulisseau par rapport au bâti. Le jeu dans la glissière (qu'elle soit prismatique ou cylindrique) fait que les **actions de contact se localisent en A et B**. Elle peuvent s'incliner d'un angle maximum φ par rapport à la normale au contact.

L'équilibre du coulisseau impose que les trois supports des forces "F_A", "F_B" et "F" se coupent en un point C. Le coulisseau sera bloqué (**arc-boutement**) si l'angle α est inférieur à φ .



Il y a blocage si : $\alpha < \varphi \Leftrightarrow \tan \alpha < f \Leftrightarrow \frac{L}{d} < f$ ou :

Condition de non arc boutement

$$L > 2.f.d$$

On remarque que cette condition est indépendante de la norme de F, et ne que de la géométrie de la liaison et du choix des matériaux.

La partie mobile du serre joint s'arc-boute sur le guide au serrage.



Dans certains cas, on peut rechercher l'arc-boutement . Exemples : le **serre-joint** , la **roue libre** ...

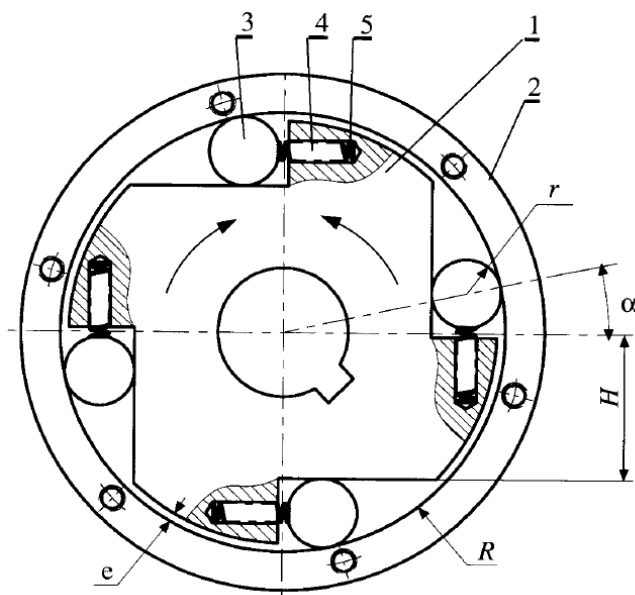


Architecture de la liaison glissière

Cette roue libre à rouleaux transmet le couple dans 1 seul sens par arc-boutement des rouleaux entre la bague intérieure et extérieure. Les rouleaux sont plaqués par des ressorts.

Sens libre = 1

Sens moteur = 2



5. Critères de choix d'une solution

Le choix d'une solution constructive repose sur son **aptitude à satisfaire le cahier des charges** de l'application, en mettant en jeu le minimum de ressources.

Les principaux **indicateurs de qualité** sont les suivants :

- **Précision** du guidage
- **Vitesse de déplacement** maximale
- **Intensité des actions** mécaniques transmissibles
- **Fiabilité** (probabilité de bon fonctionnement)
- **Maintenabilité** (temps moyen de réparation)
- **Encombrement**
- **Esthétique**
- **Coût**



Architecture de la liaison glissière

Caractéristiques de chaque famille de solution :

	Contact direct	Interposition d'éléments antifriction	Interposition d'éléments roulants
Précision	Moyenne Dégradation par usure	Moyenne	Elevée
Performances (vitesses, cadences, rendements)	Faibles	Modérées	Elevées
Coefficient de frottement dans la liaison	Elevé : 0,05 à 0,2 Broutage à faible vitesse (stick slip)	Moyen / Faible	Très faible : 0,001 à 0,005 Efforts de manœuvre réduits
Intensité des actions mécaniques supportées	Faibles	Modérées	Elevées
Lubrification	Nécessaire (importante)	Autolubrifiant	Au montage (faible) Inexistante (galet)
Coût	Faible	Moyen	Elevé
Jeu	Jeu mini nécessaire au fonctionnement	Jeu mini nécessaire au fonctionnement	Fonctionnement sans jeu

Domaines d'utilisation industriels :

Les guidages par **contact direct** et par interposition **d'éléments antifriction** conviennent lorsque les *vitesses de déplacements sont faibles ou modérées*.

Les guidages par **éléments roulants** sont utilisés dans les domaines suivants :

- Machines-outils
- Robots
- Systèmes automatisés
- Aéronautique
- Matériels médicaux
- Appareils de contrôle et de métrologie