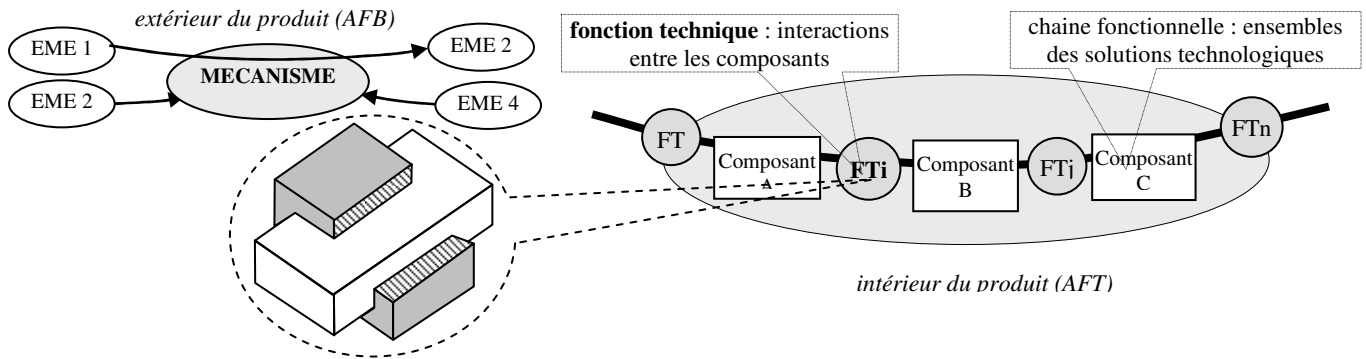


LIAISON GLISSIERE GUIDAGE EN TRANSLATION PAR GLISSEMENT - GLISSIERES LISSES

1 RAPPEL : ANALYSE FONCTIONNELLE TECHNIQUE D'UN MECANISME



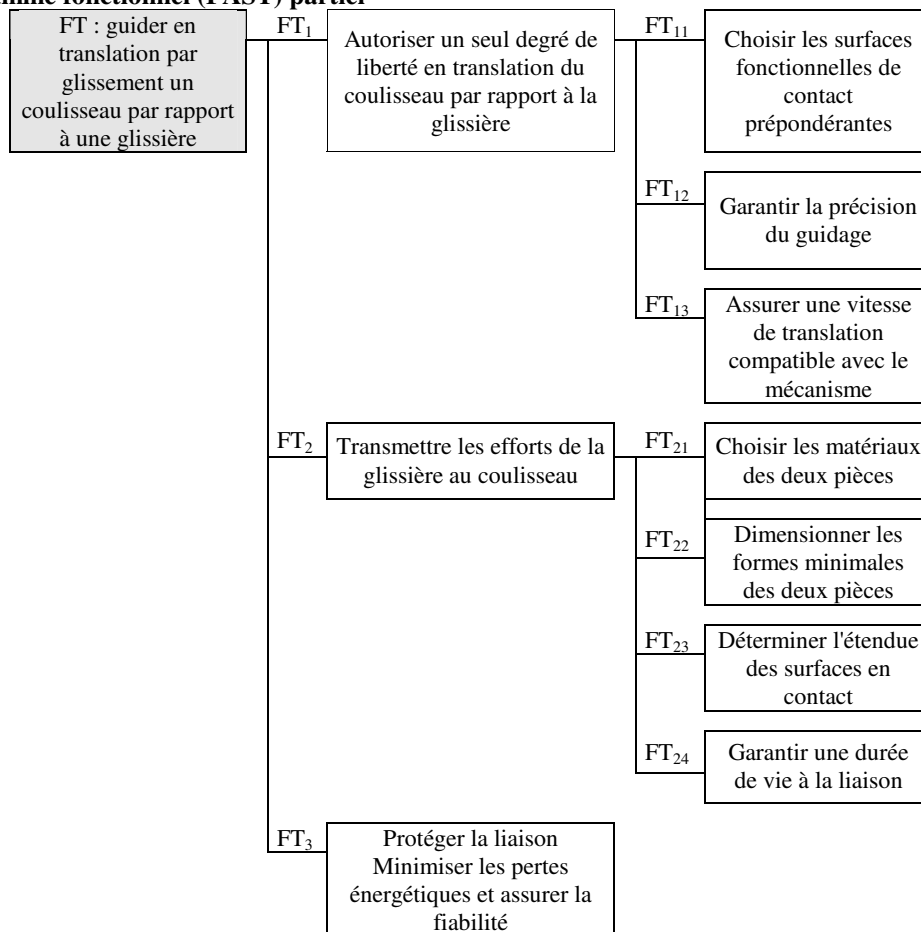
FTi : guider en translation glissement l'élément mobile (en général un coulisseau) par rapport à un élément de référence (glissière) du mécanisme environnant

Terminologie

- **coulisseau** : pièce mobile (ex: table de machine-outil) et **guide** ou **glissière**: pièce fixe (ex: bâti de machine-outil)

2 FONCTIONS TECHNIQUES A REALISER PAR UNE LIAISON GLISSIERE

2.1 Diagramme fonctionnel (FAST) partiel

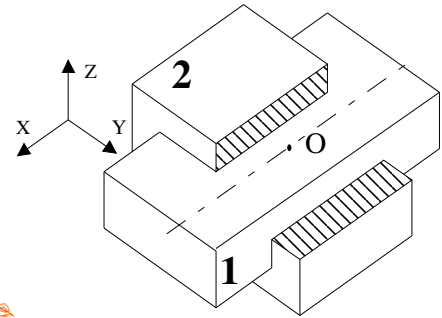


→ pour réaliser ces **fonctions techniques**, le contenu de ce cours présente quelques solutions technologiques de liaisons glissière par **glissement**

2.2 Fonction technique FT₁ "Autoriser un seul degré de liberté en translation"

2.2.1 Torseur cinématique caractérisant le mouvement relatif du coulisseau 1 / glissière 2

$$\{ \mathcal{V}_{\text{coulisseau 1 / glissière 2}} \}_O = \left\{ \begin{matrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right\}_O$$



2.2.2 Architecture des surfaces fonctionnelles de guidage par contact direct (Cf. ouvrage Guide des STI ch.27 § I)

2.2.2.1 Modèles de guidages isostatiques

2.2.2.2 Les surfaces planes prépondérantes (guidages dits prismatiques)

2.2.2.3 Les surfaces cylindriques de révolution prépondérantes (guidages dits cylindriques)

2.2.3 Précision du guidage

Les paramètres intervenant dans la précision du guidage sont:

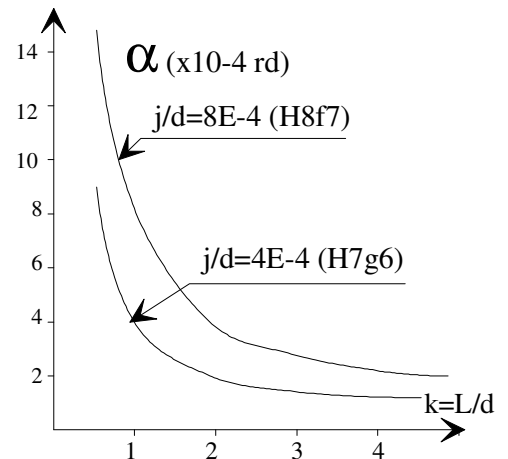
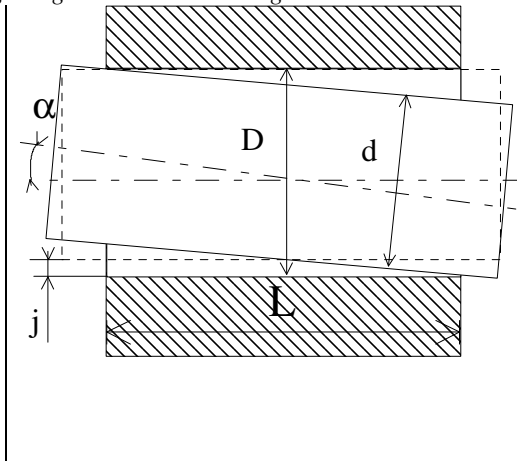
2.2.3.1 Le jeu "j": (Cf. ouvrage Guide des STI ch. 27 § III)

C'est la condition fonctionnelle pour que le déplacement en translation soit possible (rechercher un jeu faible compatible avec le mouvement du coulisseau: ajustements utilisés H7g6, H7f8, H8e9.....), elle est garantie par:

- des dispositifs de réglage de jeu qui pourront être prévus, en particulier, pour les formes de guidage prismatique (queue d'aronde, guidage en T) difficiles à obtenir par usinage traditionnel. Certain guidage prismatique (glissière unilatérale: plan + rainure en V) ne nécessite pas de réglage de jeu, il y a rattrapage automatique du jeu dû à l'usure.
- Le guidage cylindrique ne nécessite généralement pas de réglage de jeu (formes conjuguées plus faciles à usiner).
- des conditions de graissage compatibles avec un jeu faible.

2.2.3.2 Le rapport de guidage et la déviation angulaire α

- jeu : $J = D - d$
 - rapport de guidage : $k = \frac{L}{d}$ et $\tan \alpha \approx \frac{J}{L} \approx \alpha$
 - au delà de $k > 2$ et pour un jeu donné, la déviation angulaire se stabilise quelle que soit la longueur de guidage L. En règle générale respecter $L \gg d$.
- $$1.5 \leq \frac{L}{d} \leq 4$$



2.2.3.3 L'usure

On peut la réduire par:

- le choix des matériaux
- l'utilisation de dispositifs de rattrapage de jeu.

2.2.3.4 Les déformations

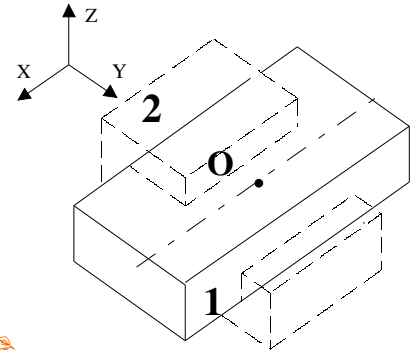
Elles sont engendrées par

- des chargements importants, donc nécessité d'augmenter la rigidité du coulisseau et de la glissière
- une élévation de température due au frottement, donc nécessité d'un bon graissage.

2.3 Fonction technique FT₂ "Transmettre des actions mécaniques"

2.3.1 Modélisation des actions mécaniques transmissibles de la glissière sur le coulisseau

Torseur des actions mécaniques de la glissière 2 sur le coulisseau 1 (frottement négligé)



$$\{F_{\text{glissière 2/coulisseau 1}}\}_O = \left\{ \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\}_O$$

2.3.2 La transmission des actions mécaniques dépend:

⇒ des caractéristiques des matériaux:

- limite élastique R_e
- charge rupture
- résistance à l'usure
- résistance à la fatigue
- pression de contact admissible entre les surfaces en contact

⇒ des formes et dimensions des pièces

Ces caractéristiques évoluent en fonction:

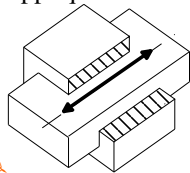
- de l'origine des actions mécaniques statique ou dynamique
- de la vitesse de déplacement
- de la température de fonctionnement
- des conditions de lubrification
- du milieu ambiant

2.3.3 Formes des surfaces fonctionnelles et efforts appliqués

En règle générale le choix de la disposition des surfaces fonctionnelles dépend essentiellement de la direction générale des efforts extérieurs appliqués sur le coulisseau:

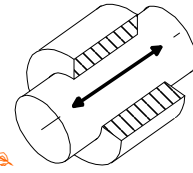
⇒ guidage prismatique:

\vec{R} perpendiculaire à la direction du déplacement



⇒ guidage cylindrique:

\vec{R} parallèle à la direction du déplacement

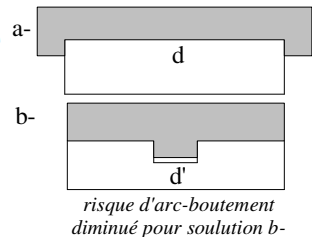
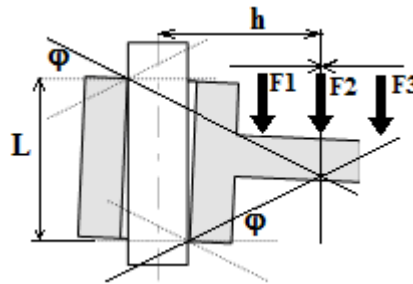


2.3.4 Risque d'arc-boutement

- pour éviter le coincement ou le fonctionnement par saccades (broutage à faible vitesse ou stick slip), vérifier que:

$$h < \frac{1}{2 \tan \phi} L \quad (\text{si } \tan \phi = 0.5 \text{ alors } h < L)$$

(coefficient de frottement: $\tan \phi$)



2.3.5 Pression de contact

- la condition de non matage : la modélisation des pressions de contact engendrées par les moments transmissibles étant complexe, on ne retiendra que celle des pressions (avec répartition uniforme) engendrées par une force centrée et transversale (voir figure sur guidage prismatique §2.3.6) :

$$p = \frac{F}{S} \quad \text{surface projetée}$$

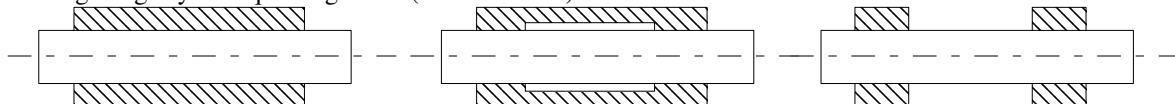
- vérifier que $p < p_{\text{admissible}}$ du matériau de la pièce sollicitée (valeurs issues d'essais)

La pression admissible p_{adm} doit être compatible avec la condition de graissage (valeurs faibles $0.5 \text{ MPa} < p_{\text{adm}} < 1 \text{ MPa}$, le mouvement de translation ne permettant pas de bonnes conditions de graissage)

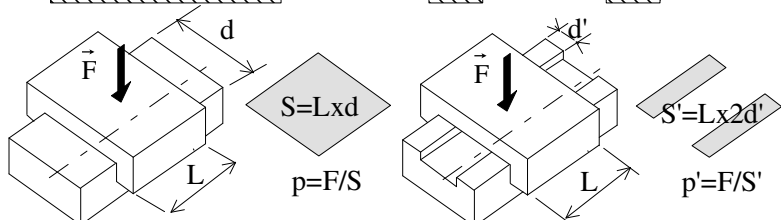
2.3.6 Limitation des portées

Les zones de contact coulisseau-glissière (portées) peuvent être limitées pour se rapprocher des solutions isostatiques, attention à ne pas dépasser les pressions de contact admissibles et au risque d'augmentation de l'usure.

⇒ pour un guidage cylindrique en général (cas ou $L \gg 2d$):



⇒ pour un guidage prismatique:



remarque : $p < p'$

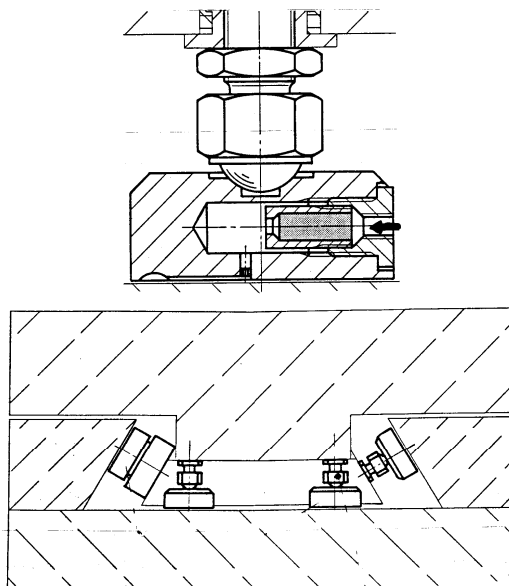
2.4 Fonction technique FT₃ "Minimiser les pertes énergétiques" (Cf. ouvrage Guide des STI ch. 27 § IV)

Le régime onctueux (basse vitesse et fortes pression) peut-être réalisé par de la graisse, avec utilisation de graisseurs et de pompe à graisse. Des rainures peuvent être usinées sur les surfaces de guidage pour permettre une meilleure répartition du lubrifiant. Le lubrifiant a aussi un rôle de protection des surfaces (onctuosité élevée), il assure une meilleure répartition de pressions de contact et il facilite l'évacuation de la chaleur dissipée. S'assurer que la pression de contact entre les surfaces soit insuffisante pour expulser le lubrifiant.

3 COMPOSANTS INDUSTRIELS DIMINUANT LA RESISTANCE AU GLISSEMENT

3.1 Patin à air, glissière sans contact direct.

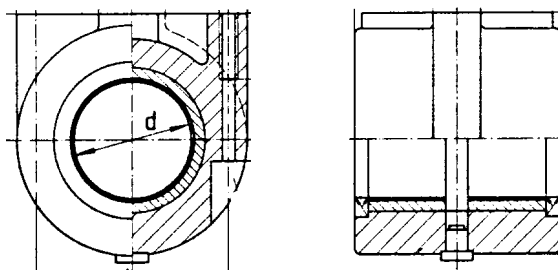
Création d'un film d'air entre glissière et coulisseau (cousin d'air). Le film d'air est créé grâce à une disposition radiale des rainures de distribution de l'air. Acceptation des défauts de planéité et de rectitude des surfaces, aucune usure, pratiquement pas de frottement, précision extrême, pas de lubrifiant (sauf l'air), pas de vibration. Les capacités de charge sont inférieures à celles des guidages par roulements linéaires (charge moyenne admissible de 0.1 à 0.25 N/mm² pour une pression d'alimentation de 6 bars). Cette faible valeur peut être augmentée par des patins plus gros. Utilisation: machines à mesurer ou de contrôle, machine à pointer.



3.2 Solutions de guidage en translation avec interposition d'éléments antifriction

3.2.1 Guidages linéaires à bagues Permaglide

Conception extérieure analogue à celles douilles à billes, mais on a inséré des bagues en Permaglide (paliers lisses utilisés sur deux colonnes parallèles et composés de 3 couches: un support en acier, une couche de bronze poreux et un revêtement anti-friction en polytétrafluoréthylène, PTFE, additionné de plomb). Faible entretien, capacité de charge élevée, insensible aux chocs, bonne résistance à la corrosion et aux agents chimiques, fonctionnement silencieux, version bagues fendue ou ouverte.



3.2.2 Plaquettes de matériaux frittés

Plaquettes autolubrifiantes Métafram, liées aux surfaces fonctionnelles du guidage.

3.2.3 Bande de glissement (Cf. ouvrage Guide des STI ch 27 § I fig K et fig. L)

Bande en Turcite B, matériau extrêmement résistant à l'usure et possédant de très bonnes propriétés de glissement (PTFE). La bande se colle sur les surfaces fonctionnelles de guidage (ARALDIT) et peut s'usiner. Pression de contact admissible 6 N/mm², vitesse limite 5 m/s, épaisseurs 1.5 et 2.5.

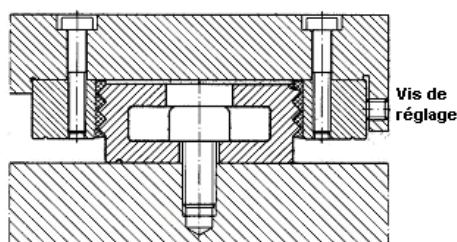
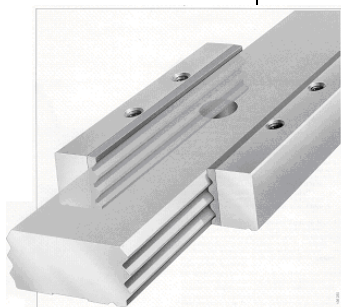
3.2.4 Rail et chariot à patins à guidage lisse INA

Le patin de guidage est constitué d'un profilé en alliage d'aluminium recouvert d'un revêtement de glissement à base de PTFE (polytétrafluoréthylène) ayant un très faible coefficient de frottement. Les patins sont montés sur un chariot sur lequel il est possible de régler le jeu de fonctionnement.

Caractéristiques : fonctionnement sans lubrifiant, peu d'entretien, bonnes propriétés de glissement (pas stick-slip ou pas de fonctionnement saccadé), bonnes résistance aux agents chimiques.

Eléments de calculs : il faut déterminer la pression de contact, la vitesse linéaire et le produit pV

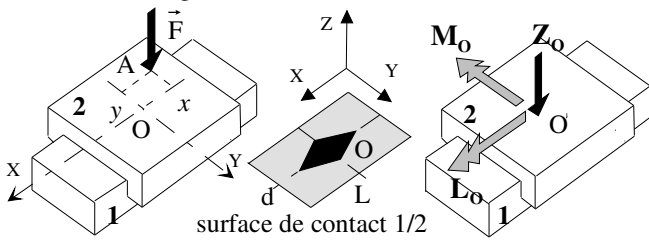
$$p \leq p_{\max i} \text{ avec } p_{\max i} = 4 \text{ N/mm}^2 \quad | \quad V \leq V_{\max i} \text{ avec } V_{\max i} = 1 \text{ m/s} \quad | \quad pV \leq pV_{\max i} \text{ avec } pV_{\max i} = 0.2 \text{ N/mm}^2 \times \text{m/s}$$



ANNEXE MODELISATION DES PRESSIONS DE CONTACT

Exemple de modélisation des pressions de contact dans le cas d'une liaison glissière unilatérale:

Le coulisseau 2 reçoit une force \vec{F} passant par le point A, on se propose de déterminer le champ des pressions de contact au contact de la glissière 1 sur le coulisseau 2



Coulisseau 2 isolé :

$$\{F_{ext/2}\}_O = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_O = Z_O \vec{z} = \vec{F} \\ \vec{M}_O = \vec{OA} \wedge \vec{F} = L_O \vec{x} + M_O \vec{y} \end{array} \right\}_O$$

avec $L_O = F \times y$ et $M_O = F \times x$

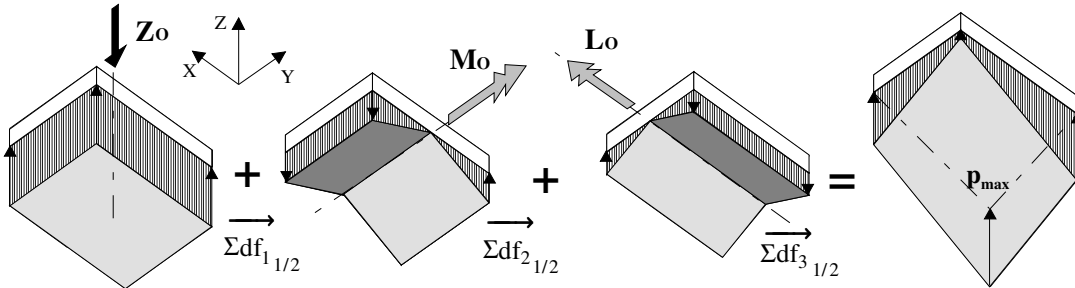
$$\{F_{1/2}\}_O = \left\{ \begin{array}{l} \Sigma df_{1/2} \\ \Sigma (\vec{OM} \wedge df_{1/2}) \end{array} \right\}_O \text{ et } df_{1/2} = \vec{p} \times ds$$

\Rightarrow équilibre de 2: $\{F_{ext/2}\}_O = \{F_{1/2}\}_O$

En développant cette égalité et en prenant l'hypothèse d'une répartition de pression linéaire sur toute la surface de contact ($L \times d$), on montre que cette surface se comporte de façon analogue à une section droite d'une poutre sollicitée en compression et en flexion.

□ Modélisation du torseur des actions mécaniques extérieures sur le coulisseau 2 et suivant le type de sollicitation

modélisation des actions de contact élémentaires $df_{1/2}$



\Rightarrow expression des pressions de contact de 1/2:

dues à de la «compression» suivant l'axe Z

$$p_1 = \sigma_1 = \frac{Z_O}{S} = \frac{Z_O}{L \times d}$$

dues à de la «flexion» autour de l'axe Y

$$p_2 = \sigma_2 = \frac{M_O \times v}{I_{Oy}} = M_O \frac{6}{d \times L^2}$$

dues à de la «flexion» autour de l'axe X

$$p_3 = \sigma_3 = \frac{L_O \times v}{I_{Ox}} = L_O \frac{6}{d \times L^2}$$

dues à la superposition des effets de «compression et de flexion». En tout point, on a algébriquement:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

$$P_{max} = p_1 + p_2_{max} + p_3_{max} = \left(1 + \frac{6 \times x}{L} + \frac{6 \times y}{L} \right) \times \frac{F}{L \times d}$$

On peut alors exprimer la pression max

Une condition de non décollement s'ajoute aux deux précédentes, $p > 0$, on montre que dans le cas de surface

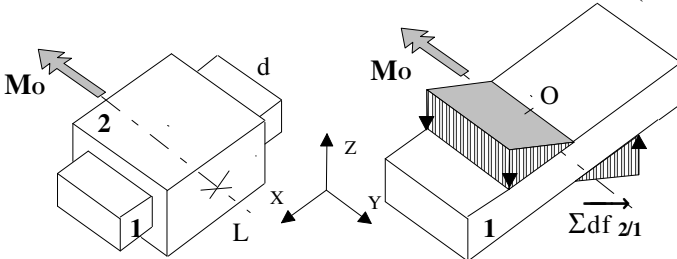
rectangulaire, le glisseur \vec{F} doit se situer dans un losange de diagonales $d/3$ et $L/3$ et centré sur la surface de contact.

Exemple de modélisation des pressions de contact dans le cas d'une liaison glissière bilatérale (jeu et déformations négligés)

Le coulisseau 2 reçoit un moment $\vec{M}_O = M_O \vec{x}$ passant par le point O, on se propose de déterminer le champ des pressions de contact au contact de la glissière 1 sur le coulisseau 2

□ Modélisation du torseur des actions mécaniques extérieures sur 1

et des actions de contact élémentaires $df_{1/2}$ sur la surface ($2 \times d \times L/2$)



\Rightarrow équilibre de 1: $\{F_{ext/2}\}_O = \{F_{1/2}\}_O$

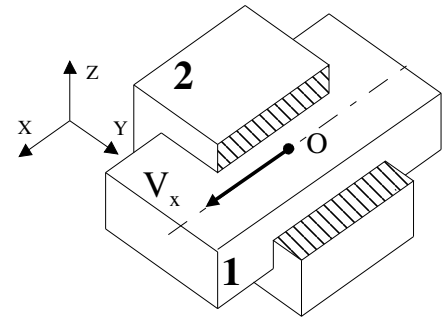
\Rightarrow expression des pressions de contact de 2/1 dues à de la «flexion» autour de l'axe Y:

$$p = \sigma = \frac{M_O \times v}{I_{Oy}} = M_O \frac{6}{d \times L^2}$$

Eléments de correction

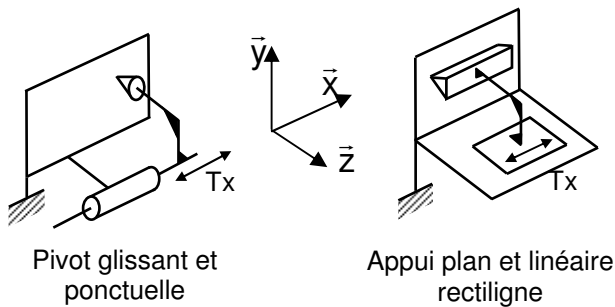
Torseur cinématique caractérisant le mouvement relatif du coulisseau 1 / glissière 2

$$\{V_{\text{coulisseau1/glissière2}}\}_O = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{\text{coul1/glis.2}} = \vec{0} \\ \vec{V}_{\text{coul.1/glis.2}} = V_x \vec{x} \end{array} \right\}_O$$



2.2.2.1

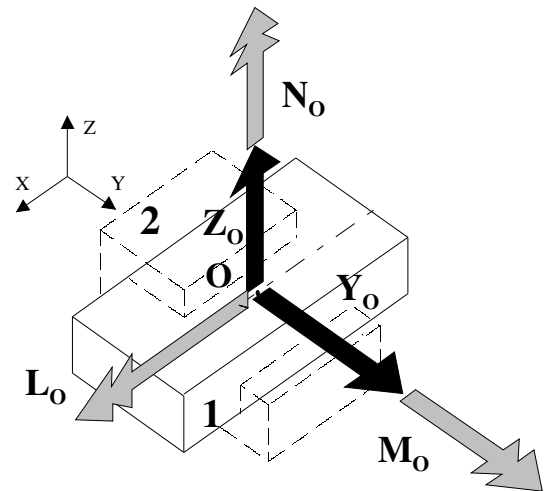
Dans la réalité pour assurer la fonction FT2 : Transmettre les efforts, il est impossible d'utiliser des contacts ponctuel ou linéique. En effet pour limiter les pressions de contact et donc l'usure, il faut des surfaces d'appui suffisantes. D'autre part la fabrication de contacts ponctuels et linéiques complique la réalisation du guidage. On remplacera donc les points et les lignes de contact par des plans d'étendue réduite.



Modélisation des actions mécaniques transmissibles de la glissière sur le coulisseau

Torseur des actions mécaniques de la glissière 2 sur le coulisseau 1 (frottement négligé)

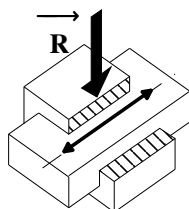
$$\{F_{\text{glissière 2/coulisseau1}}\}_O = \left\{ \begin{array}{l} Y_o \vec{y} + Z_o \vec{z} \\ L_o \vec{x} + M_o \vec{y} + N_o \vec{z} \end{array} \right\}_O$$



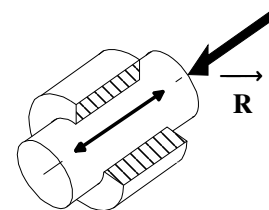
Formes des surfaces fonctionnelles et forces appliquées

En règle générale le choix de la disposition des surfaces fonctionnelles dépend essentiellement de la direction générale des efforts appliqués:

⇒ guidage prismatique:
 \vec{R} perpendiculaire à la direction du déplacement



⇒ guidage cylindrique:
 \vec{R} parallèle à la direction du déplacement

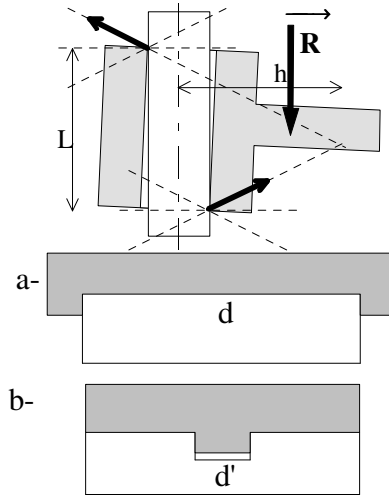


Risque d'arc-boutement

- pour éviter le coincement ou le fonctionnement par saccades, vérifier que:

$$h < \frac{1}{2 \tan \varphi} L \quad (\text{si } \tan \varphi = 0.5 \text{ alors } h < L)$$

(coefficient de frottement: $\tan \varphi$)



risque d'arc-boutement diminué pour solution b-