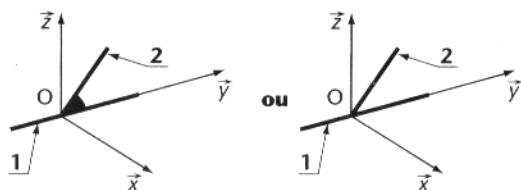


1. Analyse fonctionnelle du besoin

1.1 Objet de l'étude

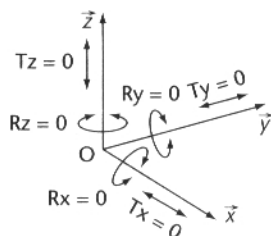
Schématisation de la liaison



Commentaires

- Cette schématisation définie par les normes, n'a pas à être utilisée lors de la réalisation du schéma cinématique d'un mécanisme.
- Du point de vue du fonctionnement cinématique, deux pièces en liaison fixes sont équivalentes à une pièce unique.

Une liaison complète supprime toutes les mobilités d'un ensemble par rapport à un autre.

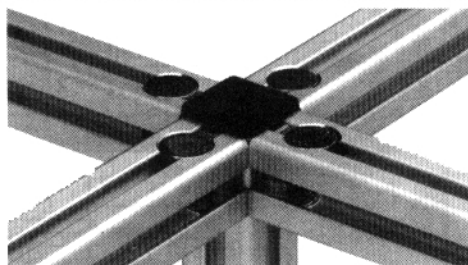


Ces deux ensembles sont distincts pour satisfaire les besoins suivant :

- Utiliser des composants manufacturés

Exemple :

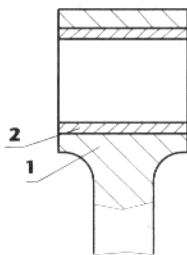
Construction de bâti grâce à des profilés standard.



- Assembler des constituants de matériaux différents

Exemple :

Montage d'un coussinet sur une tête de bielle ; la bielle et le coussinet ont des caractéristiques mécaniques fonctionnellement différentes. La résistance mécanique et un bon facteur de frottement, nécessitent des matériaux différents.



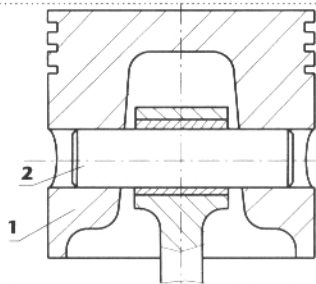
- Permettre le montage et le démontage de composants internes

Exemple :

Montage de l'articulation de tête de bielle.

La bielle est en liaison pivot glissant avec l'ensemble (axe piston).

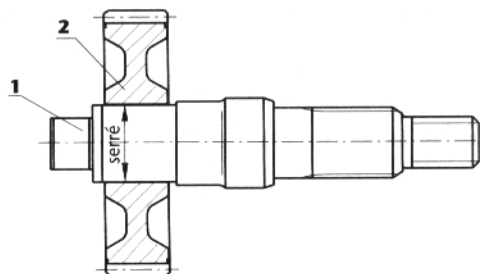
Cet ensemble est réalisé en deux parties pour rendre montable la bielle.



- Assurer un coût acceptable grâce à une réalisation simple

Exemple :

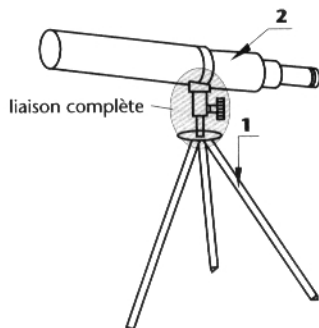
L'usinage direct de la roue et de l'arbre dans le même brut, serait inutilement onéreux.



- Rendre temporaire une liaison entre deux éléments

Exemple :

Le télescope portable et le pied doivent pouvoir être désolidarisés lors du rangement.



- Permettre le réglage de la position relative de deux éléments

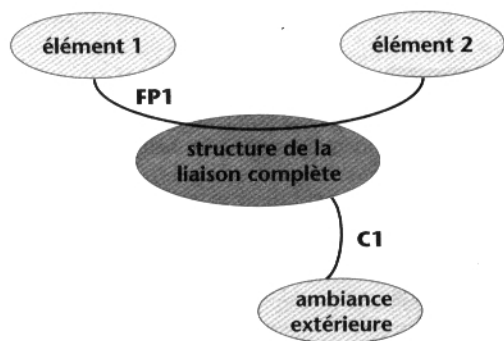
Exemple :

Le télescope doit pouvoir être orienté pour régler la visée; une fois l'orientation obtenue, il doit être bloqué en position.

Pour mettre en évidence ces différents besoins, il convient d'étudier non seulement la liaison dans la séquence de fonctionnement, mais également dans des séquences de réglage ou de mise en place.

1.2 Énoncé des fonctions de service

**Séquence :
fonctionnement de la liaison**

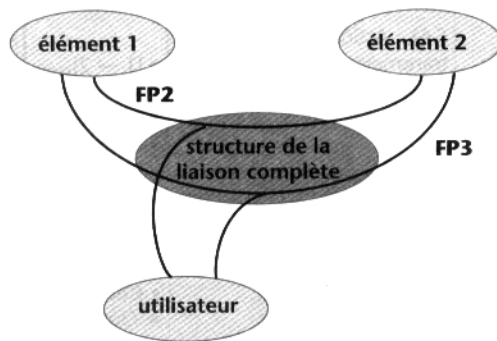


FP1 : Assurer le maintien dans une position fixe de l'élément 1 sur l'élément 2.

C1 : S'adapter à l'ambiance extérieure*.

* L'ambiance extérieure peut être : soit le milieu intérieur à un mécanisme (huile,...), soit l'atmosphère (air, pluie,...).

**Séquence :
mise en place ou réglage de la liaison**



FP2 : Permettre à l'utilisateur d'effectuer un réglage de l'élément 2 par rapport à l'élément 1 suivant certaines directions.

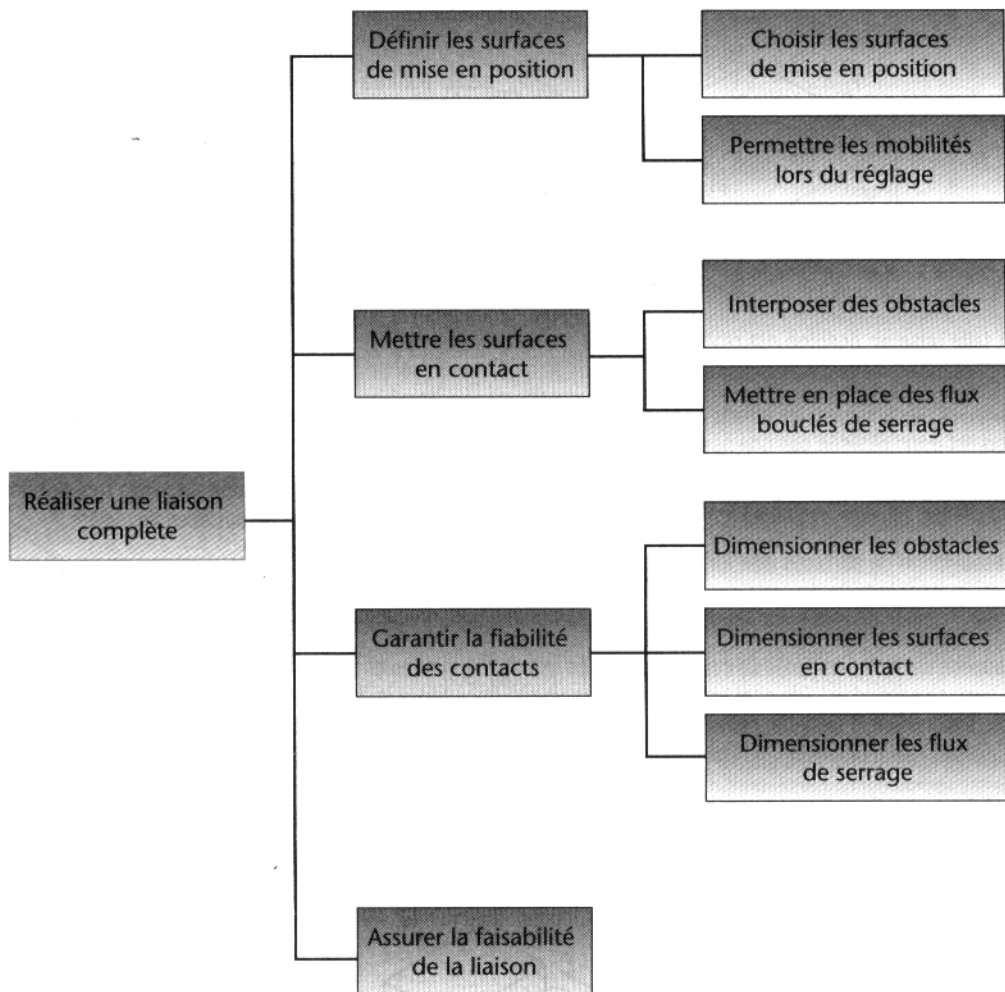
FP3 : Permettre à l'utilisateur de supprimer temporairement la liaison.

1.3 Caractérisation des fonctions de service

F. S.	Critères fonctionnels	Niveaux Maxi, mini ou tolérancés												
FP1	C1 : Assurer le maintien en position													
	C11 : Assurer la répétabilité de la mise en position	<ul style="list-style-type: none">Nécessité d'une mise en positionMise en position : <table><tr><td>Tx</td><td>Ty</td><td>Tz</td><td>Rx</td><td>Ry</td><td>Rz</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz						
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz									
	C12 : Écart de position	<ul style="list-style-type: none">$\Delta x \leq \dots$;$\Delta y \leq \dots$;$\Delta z \leq \dots$;$(O_1; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est le repère lié à l'ensemble (1).$(O_2; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ est le repère lié à l'ensemble (2).												
	C13 : Écart d'orientation	<ul style="list-style-type: none">$\Delta \theta x \leq \dots$;$\Delta \theta y \leq \dots$;$\Delta \theta z \leq \dots$;												
FP2	C2 : Assurer le réglage													
	C21 : Réalisation du réglage	<ul style="list-style-type: none">Nécessité, ou non, d'un réglage suivant les différentes directions et rotations.Réglage : <table><tr><td>Tx</td><td>Ty</td><td>Tz</td><td>Rx</td><td>Ry</td><td>Rz</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <ul style="list-style-type: none">Course : ;Qualification de l'utilisateur : ;Temps : ;Fréquence : ;Outillage : ;	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz						
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz									
FP3	C3 : Permettre la désolidarisation de 2 éléments	<ul style="list-style-type: none">Qualification de l'utilisateur :Outillage :Temps : ;Fréquence :												
FP1	C4 : Transmettre l'effort													
	C41 : Action mécanique à transmettre par la liaison	<ul style="list-style-type: none">$\{1 \rightarrow 2\}_O = \begin{bmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & N \end{bmatrix}_{(\vec{xy}\vec{z})}$Variation de cette action dans le temps :Durée de vie (probabilité de bon fonctionnement, en heures, ou critère de détérioration surfacique) :												
FP1 + FP2 + FP3	C5 : Maintenance souhaitée	<ul style="list-style-type: none">Type de maintenance :Intervalle entre les maintenances :Destruction de composants admise ou non :Coût du démontage/remontage :Outillage et qualification :												
FP1 + FP2 + FP3	C6 : Coût objectif												
FP1 + FP2 + FP3	C7 : Caractéristiques des ensemble 1 et 2	<ul style="list-style-type: none">Contraintes imposées par le fabricant du composant (Cas 1) :Dimensions éventuelles des zones de liaison :Contraintes de disposition :Matériaux. Imposés :												
C1	C8 : Type de pollution interdite												

2. Analyse fonctionnelle technique

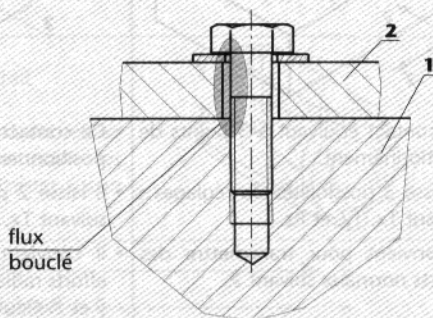
La réalisation d'une liaison complète nécessite la décomposition fonctionnelle suivante :



⇒ À propos des flux bouclés...

On appelle « flux bouclé » un flux d'efforts existant indépendamment des actions mécaniques extérieures et n'agissant que sur des pièces internes au mécanisme étudié.

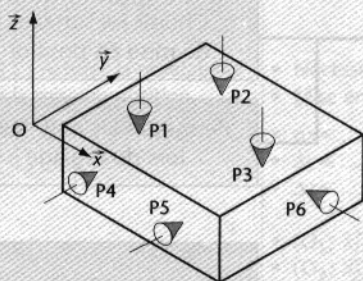
Les flux bouclés permettent le maintien en position de composants grâce au phénomène d'adhérence.



2.1 Définir les surfaces de mise en position

À propos de la mise en position...

- Une mise en position complète isostatique est obtenue par 6 points de contacts.



Les trois points de contact P1, P2, et P3 forment un appui plan de normale \vec{z} , qui met en position suivant Tz, Rx et Ry.

Les points de contact P4 et P5 réalisent une linéaire rectiligne de direction \vec{x} et de normale \vec{y} , qui positionne en Ty et Rz.

Le dernier point de contact P6 réalise l'arrêt en Tx.

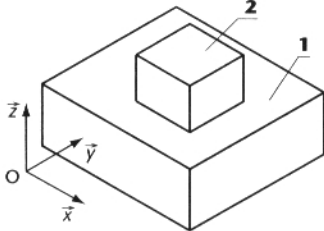
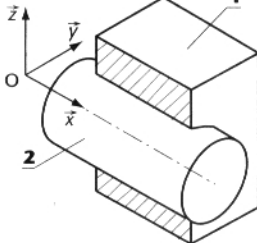
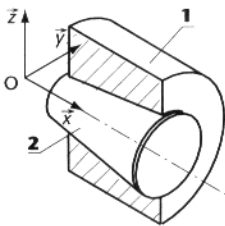
Une telle mise en position est réalisée dans les montages d'usinages, car elle permet d'assurer la répétabilité des opérations.

- Dans les mécanismes, les efforts à transmettre ne peuvent se satisfaire de contacts ponctuels ; la mise en position est donc réalisée par une association de contacts surfaciques
- La mise en position complète entre les deux ensembles n'est généralement pas une exigence fonctionnelle ; elle est alors partielle et limitée à certaines directions réduisant ainsi le nombre de surfaces associées.
- L'association de surfaces doit être hiérarchisée afin de maîtriser les hyperstatismes :
 - en limitant la taille de certaines surfaces en contact,
 - par la précision des positions relatives des surfaces secondaires par rapport aux surfaces principales.

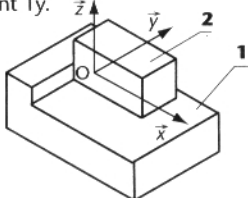
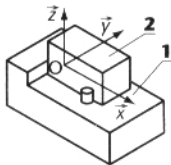
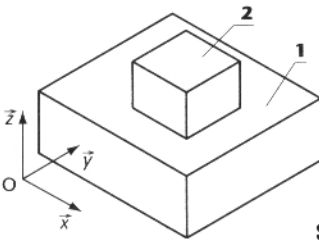
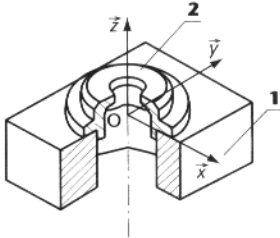
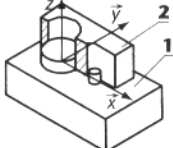
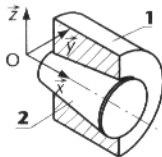
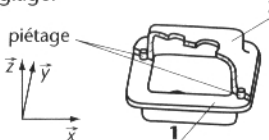
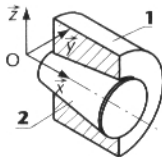
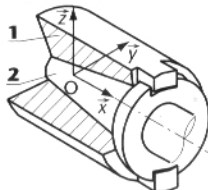
On appelle surface principale de contact la surface qui assure la mise en position prépondérante. Éventuellement une surface secondaire (de contact), voire même une surface tertiaire, complètent la mise en position. Les surfaces, secondaire et tertiaire, doivent être orientées par rapport à la surface principale.

Les possibilités d'obtention, limitent les surfaces aux formes planes, cylindriques et coniques.

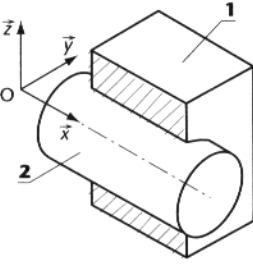
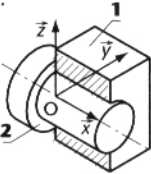
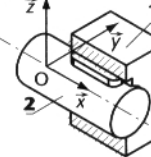
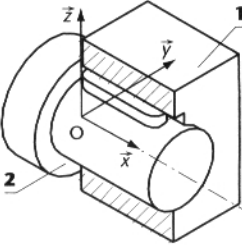
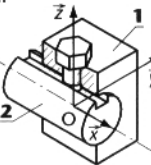
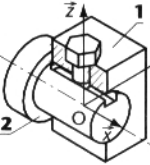
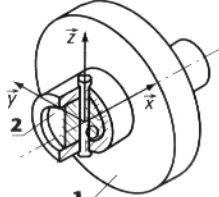
Surfaces principales permettant la mise en position de l'ensemble 2 par rapport à l'ensemble 1

Contact plan/plan	Contact cylindre/cylindre	Contact cône/cône
 <ul style="list-style-type: none"> • Ce contact équivaut à 3 points de positionnement. • Il laisse 3 possibilités de réglages : suivant Tx, Ty, et Rz. • Il convient pour transmettre des efforts normaux suivant \vec{z}. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Ce contact équivaut à 4 points de positionnement. • Il laisse 2 possibilités de réglages : suivant Tx, et Rx. • Il convient pour transmettre des efforts radiaux suivant les directions \vec{y} et \vec{z}. Ceux-ci peuvent s'accompagner de moment de déversements selon \vec{y} et \vec{z}. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Ce contact équivaut à 5 points de positionnement. • Il laisse 1 possibilité de réglages : suivant Rx. • Il convient pour supporter des efforts quelconques (le phénomène de coïncement permet de transmettre également un couple suivant \vec{x}).

Possibilités d'association hiérarchisée de surfaces

SURFACE PRINCIPALE EN CONTACT	ASSOCIATION DE SURFACE SECONDAIRE EN CONTACT	ASSOCIATION DE SURFACE TERTIAIRE EN CONTACT
<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + flux bouclé* 	<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + contact plan/plan étroit + flux bouclé* <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant 5 directions et laisse subsister un réglage suivant Ty.</p>  <p style="text-align: right;">S11</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + contact plan/plan étroit + contact plan/cylindre court + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>  <p style="text-align: right;">S111</p>
 <p style="text-align: right;">S1</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + contact cylindre/cylindre court + flux bouclé* <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant 5 directions et laisse subsister un réglage suivant Rz.</p>  <p style="text-align: right;">S12</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + contact cylindre/cylindre court + contact plan/cylindre court + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>  <p style="text-align: right;">S121</p>
<ul style="list-style-type: none"> contact cône/cône + flux bouclé*  <p style="text-align: right;">S3</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact cône/cône + contact plan/plan étroit + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact plan/plan + contact cylindre/cylindre court + contact cylindre/cylindre court + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>  <p style="text-align: right;">S122</p>
 <p style="text-align: right;">S31</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact cône/cône + contact plan/plan étroit + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>	 <p style="text-align: right;">S31</p>
<p style="text-align: center;"> - ————— Mise en position —————> + + <————— Possibilités de réglage —————- </p>		
<p>* Flux bouclé indispensable pour annuler les mobilités subsistantes **Flux bouclé (éventuel) pour le maintien des contacts</p>		

Possibilités d'association hiérarchisée de surfaces (suite)

SURFACE PRINCIPALE EN CONTACT	ASSOCIATION DE SURFACE SECONDAIRE EN CONTACT	ASSOCIATION DE SURFACE TERTIAIRE EN CONTACT
<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + flux bouclé* 	<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact plan/plan étroit + flux bouclé* <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant 5 directions et laisse subsister un réglage suivant Rx.</p>  <p>S21a</p> <ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact plan/plan étroit + flux bouclé* <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant 5 directions et laisse subsister un réglage suivant Tx.</p>  <p>S21b</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact plan/plan étroit + contact plan/plan étroit + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>  <p>S211</p>
<p>S2</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact plan/cylindre court + flux bouclé* <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant 5 directions et laisse subsister un réglage suivant Tx.</p>  <p>S22</p>	<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact plan/cylindre court + contact plan/plan étroit + flux bouclé** <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>  <p>S221</p>
	<ul style="list-style-type: none"> contact cylindre/cylindre + contact cylindre/cylindre <p>Cette association de contacts réalise la mise en position suivant toutes les directions et ne laisse subsister aucun réglage.</p>	 <p>S24</p>

- ————— Mise en position —————> +
 + <————— Possibilités de réglage —————- -

* Flux bouclé indispensable pour annuler les mobilités subsistantes

**Flux bouclé (éventuel) pour le maintien des contacts

Association d'un appui plan, d'une linéaire annulaire et d'un flux bouclé de serrage

S12

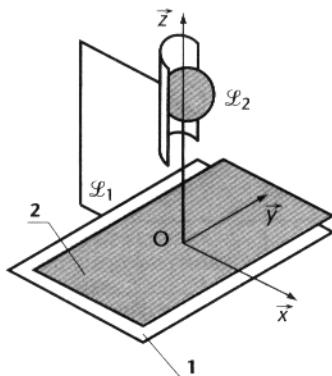
Modélisation isostatique

	Mise en position	Maintien en position
Tx	Oui par L_2	par L_2
Ty	Oui par L_2	par L_2
Tz	Oui par L_1	par L_1
Rx	Oui par L_1	par L_1
Ry	Oui par L_1	par L_1
Rz	Non	par serrage

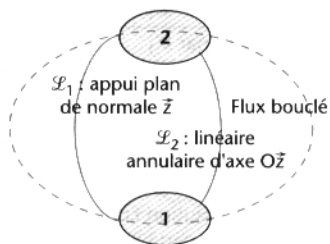
• Lors de la phase de réglage, il subsiste une liaison pivot, soit la mobilité Rz.

• Cette solution est utilisée dans les cas où la mise en position angulaire n'est pas nécessaire.

Schéma architectural de mise en position



Graphe des liaisons



• Nombre d'inconnues statiques de chaque liaison élémentaire :

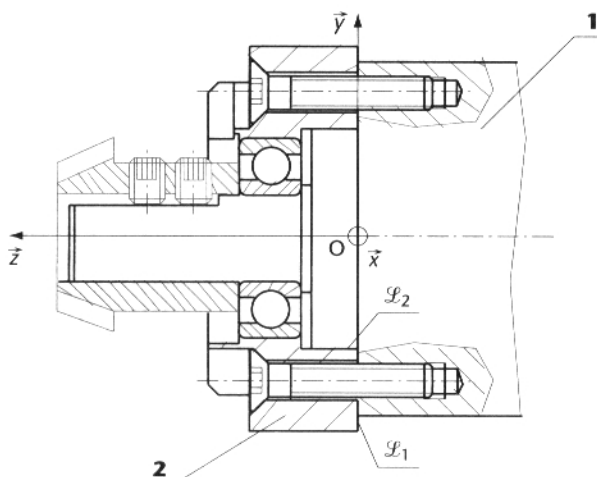
- Appui plan : $ns_1 = 3$
- Linéaire annulaire : $ns_2 = 2$

Soit 5 degrés de mise en position.

• Le flux bouclé de serrage permet de transmettre la dernière composante du torseur des actions extérieures.

Exemple de solution

Fixation d'un palier supplémentaire sur l'axe moteur d'un sécateur électrique



• La mise en position de l'ensemble 2 par rapport à l'ensemble 1 est indispensable afin de permettre l'alignement du roulement supplémentaire avec l'axe de la pivot existant dans le motoréducteur.

• Les formes du motoréducteur imposent d'utiliser un contact principal plan/plan et d'ajouter une linéaire annulaire réalisée ici par le centrage court.

• Cette mise en position laisse subsister la rotation Rz

• Le cylindre matérialisant le centrage court doit être de hauteur réduite et perpendiculaire au plan de contact.

Association d'un appui plan, d'une linéaire rectiligne et d'une ponctuelle

S111

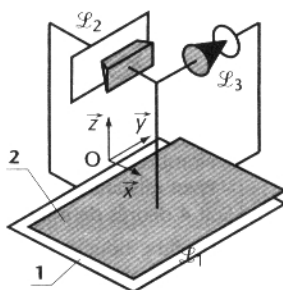
Modélisation isostatique

	Mise en position	Maintien en position
Tx	Oui par L_2	par L_2
Ty	Oui par L_3	par L_3
Tz	Oui par L_1	par L_1
Rx	Oui par L_1	par L_1
Ry	Oui par L_1	par L_1
Rz	Oui par L_2	par L_2

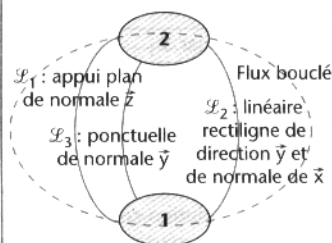
• Aucun réglage n'est possible.

• Cette solution constitue une mise en position complète; elle est employée sur des pièces prismatiques, et est relativement coûteuse.

Schéma architectural de mise en position



Graphe des liaisons



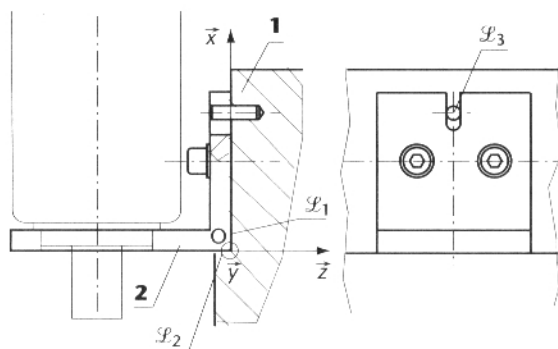
- Nombre d'inconnues statiques de chaque liaison élémentaire :
 - Appui plan : $ns_1 = 3$
 - Linéaire rectiligne : $ns_2 = 2$
 - Ponctuelle : $ns_3 = 1$

Soit une mise en position complète.

- Le flux bouclé réalise le maintien des contacts.

Exemple de solution

Équerre de support de moteur



- La mise en position doit être complète afin de définir la position de l'axe de sortie du moteur.
- Aucune surface cylindrique n'existe sur l'équerre de fixation; l'usinage du plan principal d'appui a permis de réaliser le deuxième plan.
- Le pion emmanché dans (1) vient se loger dans une entaille de (2)
- Pour maîtriser l'hyperstatisme, il faut que :
 - le deuxième contact plan soit étroit et perpendiculaire au premier;
 - le contact cylindre/plan soit modélisable par une liaison ponctuelle, c'est-à-dire avec une hauteur du contact réduite.
- 2 vis réalisent un flux bouclé destiné au maintien des surfaces en contact.