

LIAISONS CINEMATIQUES NORMALISEES

1 Modèle cinématique d'un mécanisme

1.1 Schématisation

Pour mener à bien une étude de mécanisme, l'ingénieur s'appuie sur une représentation simplifiée du mécanisme réel. Il existe trois niveaux de schématisation d'un mécanisme, du plus abstrait au plus concret :

Graphe de liaisons (ou de structure) : Graphe où les solides apparaissent comme des sommets reliés entre eux par des arcs, figurant les liaisons. Les sommets sont nommés par le nom des pièces. Les arcs sont complétés du *nom* de la liaison, et des *caractéristiques géométriques* nécessaires à sa description ;

Schéma cinématique minimal : Représentation graphique (dans le plan ou dans l'espace) du graphe de liaison, réduit au minimum nécessaire pour le besoin de l'étude cinématique ;

Schéma technologique (ou d'architecture) : Représentation non normalisée d'un mécanisme, s'appuyant sur le schéma cinématique, où peuvent figurer des éléments technologiques (ressort ...), ou des efforts extérieurs.

1.2 Liaison cinématique

Une liaison cinématique établit des degrés de liberté de mouvement entre deux solides (i) et (j) (noté ddl). L'analyse des couples de surfaces de contact entre (i) et (j) permet d'obtenir un tableau des degrés de liberté de (i) par rapport à (j), prenant la forme :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_ℓ	ω_x	V_x
\vec{y}_ℓ	ω_y	V_y
\vec{z}_ℓ	ω_z	V_z

où $(P, \vec{x}_\ell, \vec{y}_\ell, \vec{z}_\ell)$ forme un repère local associé à la liaison.

Remarque : le degré de liberté sont le nombre de termes non nuls **et** indépendants.

1.3 Hypothèses

La modélisation par liaisons normalisées cinématiques se fait sous les hypothèses suivantes :

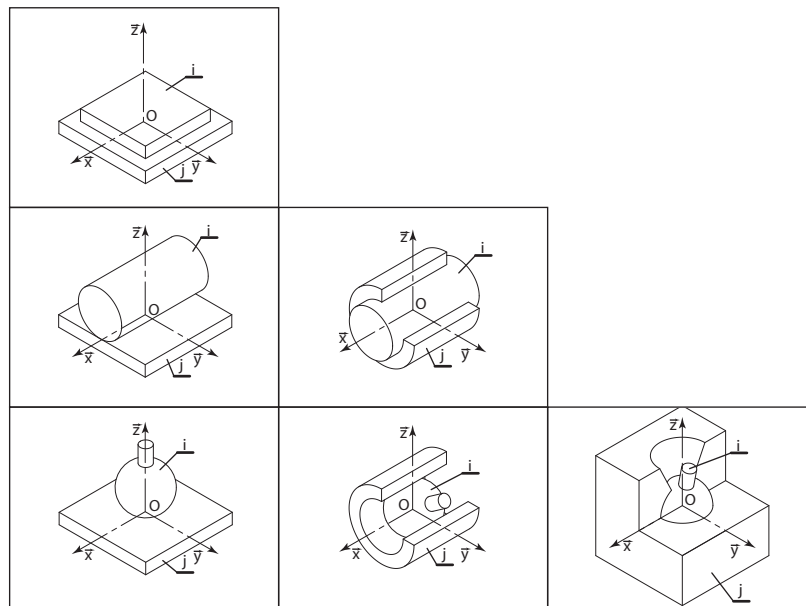
- surfaces de contact géométriquement parfaites ;
- absence de jeu entre les surfaces de contact ;
- absence de frottement entre les pièces.

2 Liaisons élémentaires en mécanique

2.1 Contact entre deux solides

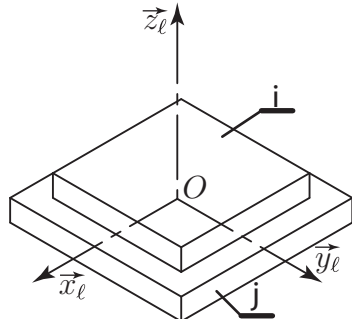
Compte tenu des contraintes liés aux opérations d'usinage, toutes les natures de surfaces ne sont pas facilement réalisables. Les liaisons entre solides mettent en contact des surfaces géométriquement simples :

- plans ;
- cylindres de révolution ;
- sphères.



2.2 Liaisons élémentaires

Appui plan : Plan/Plan.

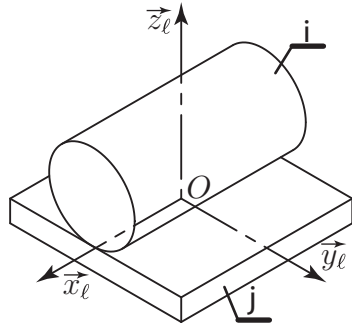


Mouvements permis : R_z, T_x, T_y

	Rot.	Tra.
\vec{x}_ℓ	0	V_x
\vec{y}_ℓ	0	V_y
\vec{z}_ℓ	ω_z	0

Caractéristiques géométriques : \vec{z}_ℓ (normale au plan)

Linéaire rectiligne : Plan/cylindre de révolution.

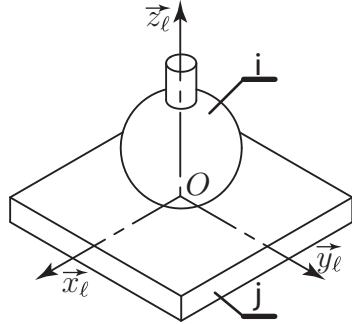


Mouvements permis :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

Caractéristiques géométriques : (O, \vec{x}_l) & \vec{z}_l
(droite de contact & normale au plan)

Ponctuelle : Plan/Sphère.

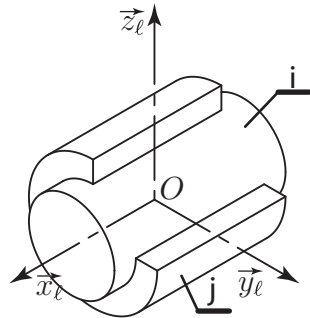


Mouvements permis :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

Caractéristiques géométriques : O & \vec{z}_l (point de contact & normale au plan)

Pivot glissant : Cylindre de révolution/Cylindre de révolution.

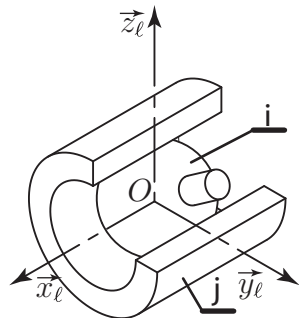


Mouvements permis :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

Caractéristiques géométriques : (O, \vec{x}_l) (axe de rotation et de translation)

Linéaire annulaire : Sphère/cylindre de révolution.

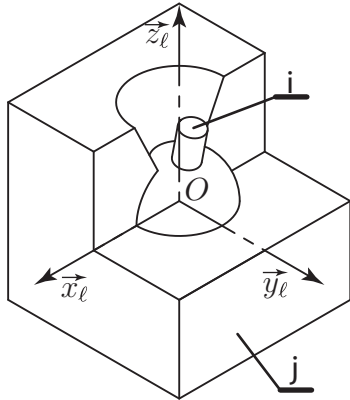


Mouvements permis :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

Caractéristiques géométriques : O & \vec{x}_l (centre de rotation & axe de translation)

Rotule : Sphère/Sphère.

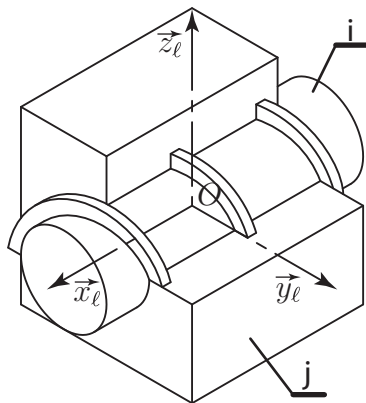


Mouvements permis :

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

Caractéristiques géométriques : O (centre de rotation)

Helicoïdale : Trou taraudé/tige filetée.



Mouvements permis : R_x lié à T_x

	Rot.	Tra.
\vec{x}_l		
\vec{y}_l		
\vec{z}_l		

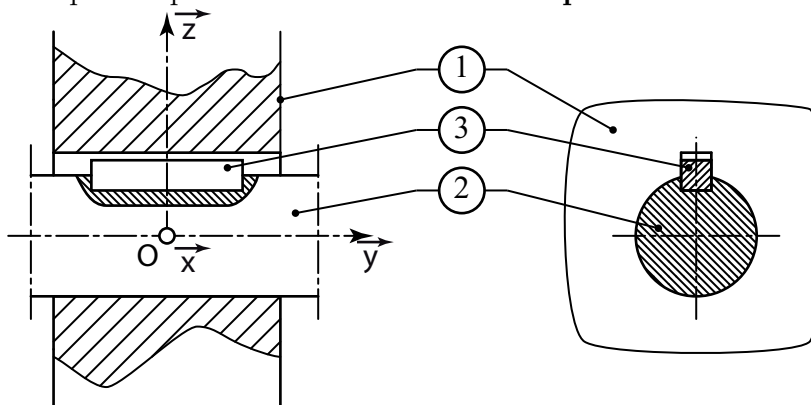
Avec : $V_x = p$, le pas (mm/tr),
 $\varepsilon = 1$ pour un pas à droite,
 $\varepsilon = -1$ pour un pas à gauche.

Caractéristiques géométriques : (O, \vec{x}_l) (axe de rotation & translation)

3 Schéma cinématique d'un mécanisme

3.1 Classe d'équivalence

Parfois, plusieurs pièces mécaniques encastrées ou boulonnées entre elles constituent un même solide. Ceci permet d'obtenir des formes complexes impossibles à obtenir autrement. On dit que ces pièces forme une **classe d'équivalence**.



Le dessin ci-dessus représente trois solides : le bâti **1**, un arbre **2** et une clavette **3**. La clavette **3** est encastrée dans l'arbre **2**, mais peut coulisser dans le bâti **1**.

3.2 Tableau des liaisons normalisées

ddl	Liaison	Schématisation spatiale	Schématisation plane	Caractéristique géométrique	Torseur cinématique $\{v_{i/j}\}$	Point d'expression
0	Encastrement			aucune	$\left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$\forall P$
1	Pivot			droite (O, \vec{x})	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$P \in (O, \vec{x})$
1	Glissière			direction \vec{x}	$\left\{ \begin{array}{c c} 0 & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$\forall P$
1	Helicoidale			droite (O, \vec{x})	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$P \in (O, \vec{x})$ $V_x = \frac{p}{2\pi}\omega_x$
2	Pivot glissant			droite (O, \vec{x})	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$P \in (O, \vec{x})$
2	Sphérique à doigt			Centre O ; direction du doigt \vec{u}_1 ; normale au plan de la rainure \vec{n}_2	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_P$	$P = O$
3	Sphérique ou rotule			centre O	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_P$	$P = O$
3	Appui plan			normale \vec{z}	$\left\{ \begin{array}{c c} 0 & V_x \\ 0 & V_y \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_P$	$\forall P$
4	Sphère cylindre (Linéaire annulaire)			centre O et direction \vec{x}	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & V_x \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_P$	$P = O$
4	Cylindre plan (Linéaire rectiligne)			droite de contact $\Delta = (O, \vec{x})$; normale au plan $\vec{n} = \vec{z}$	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & V_x \\ 0 & V_y \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_P$	$P \in (O, \vec{x})$
5	Ponctuelle			point O et normale \vec{z}	$\left\{ \begin{array}{c c} \omega_x & V_x \\ \omega_y & V_y \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_P$	$P = O$

3.3 Méthode de tracé

Après avoir listé les solides (ou classes d'équivalence) et les liaisons :

1. On trace d'abord le repère de référence sur la feuille où l'on désire établir le schéma cinématique.
2. Ensuite, à partir du graphe des liaisons du mécanisme, on associe, arc par arc, le symbole normalisé de la liaison. On les dessine, en respectant leurs caractéristiques géométriques par rapport au repère de référence.
3. Les pièces sont représentées simplement par un trait reliant deux symboles (on prendra soin de respecter les arrivées des traits sur les symboles.)

Remarque : le tracé à l'échelle n'est pas nécessaire, l'important étant de respecter les caractéristiques géométriques des liaisons.

3.4 Application

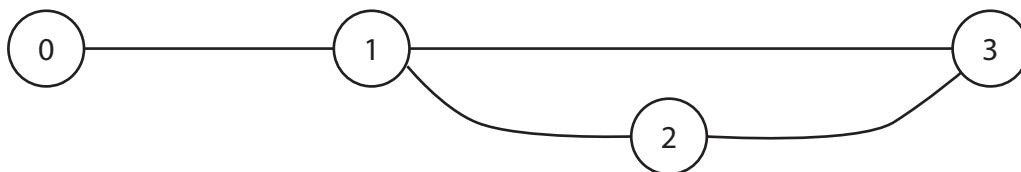
On considère l'étau d'électronique décrit page suivante. Il est composé des quatre solides :

- 0 : Bâti
- 1 : Mors fixe
- 2 : Mors mobile
- 3 : Vis

Les contacts entre les solides sont :

-
-
-
-

Le graphe de liaisons est le suivant :

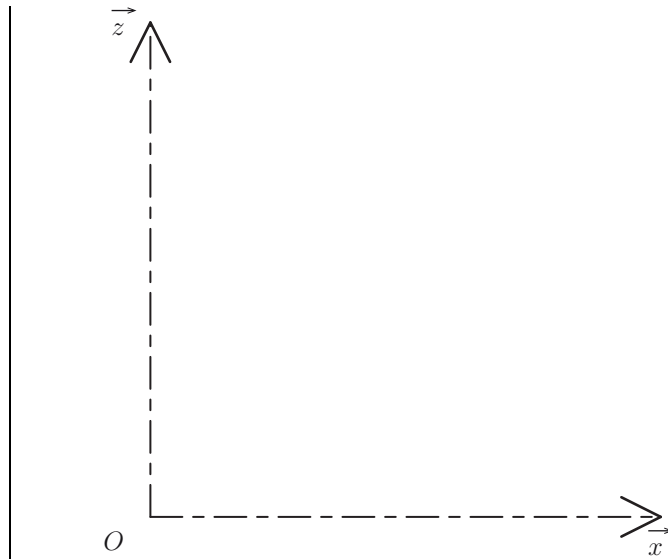


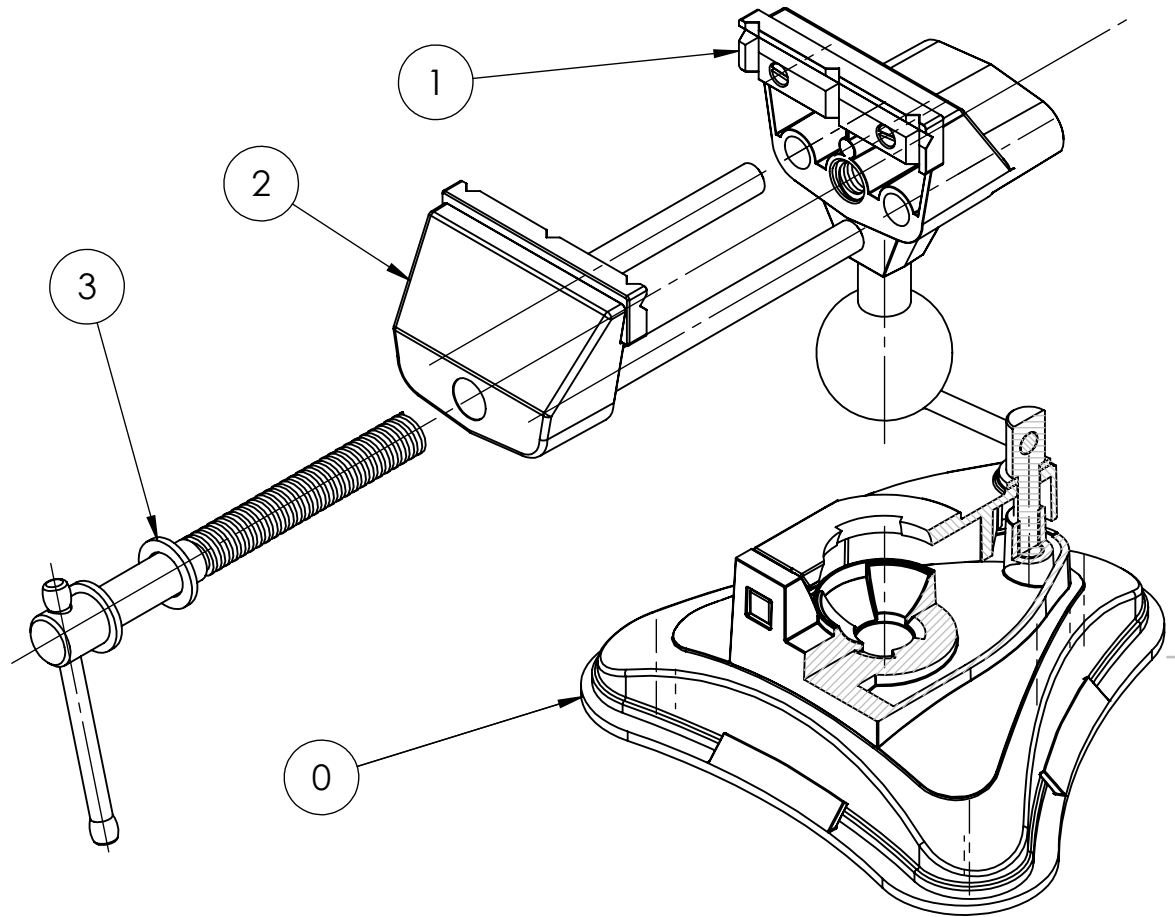
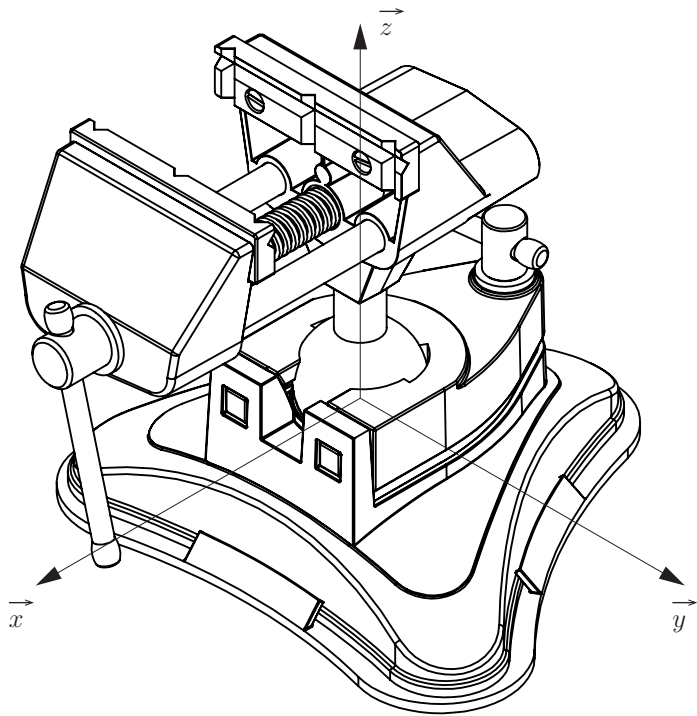
A partir du tableau, on trouve les symboles graphiques correspondant à chaque liaison.



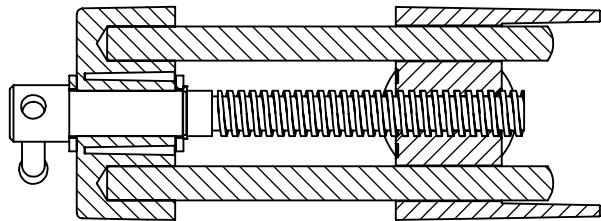
Remarques : l'axe de la liaison pivot et celui de la liaison hélicoïdale sont confondus. La direction de la liaison glissière est \vec{x} , par forcément (O, \vec{x}) .

Etape 1 :
Placer la première liaison
Etape 2 :
Placer la seconde
Etape 3 :
Placer la troisième
Etape 4 :
Tracer les jonctions de matière.





Vue de dessus en coupe (0 exclu)



Etau d'électronique		No.	DESCRIPTION	QTE
		0	bâti	1
1	mors fixe	1		
2	mors mobile	1		
3	vis	1		

Echelle 1 : 2

PCSI