

- ➔ **I. QUELLE EST L'UTILITÉ DU SCHÉMA CINÉMATIQUE ?**
- ➔ **II. QUE FAUT-IL DONC REPRÉSENTER ?**
- ➔ **III. RÈGLES DE REPRÉSENTATION**
- ➔ **IV. MODÉLISATION DES LIAISONS**
- ➔ **V. ETUDES DES LIAISONS ENTRE PIÈCES**

I. QUELLE EST L'UTILITÉ DU SCHÉMA CINÉMATIQUE ?

- Par définition, un **mécanisme** est composé de plusieurs **sous-ensembles** reliés entre eux par une ou plusieurs **liaisons**.
- Mais, la lecture des plans d'ensemble n'est pas toujours aisée (cas de mécanismes existants) et il est utile d'en simplifier la représentation.
- Lorsque le mécanisme n'existe pas (**phase de conception**), on a besoin d'un schéma illustrant le fonctionnement attendu sans toutefois **limiter le concepteur** dans les formes et dimensions à concevoir.



II. QUE FAUT-IL DONC REPRÉSENTER ?

- Le schéma cinématique doit présenter le plus fidèlement possible les relations **entre les différents groupes de pièces**.
- On trouvera donc :
 - des **groupes de pièces** représentés sous forme de « **blocs cinématiques** ».

On les appelle aussi « **sous-ensembles rigides** » ou « **classes d'équivalence** ».

→ un ensemble de pièces liées entre elles par une **liaison encastrement**.

- des **liaisons normalisées** situées au niveau de chaque contact entre les groupes de pièces.

III. RÈGLES DE REPRÉSENTATION

- Un schéma cinématique peut être **plan (2D) ou spatial (3D)**. Son orientation doit être judicieusement choisie pour permettre la compréhension du mécanisme.
- Les schémas des liaisons sont **normalisés**. Il est donc **impératif** de les représenter tels que la norme les définit.
- Les **groupes cinématiques** sont coloriés. Les éléments du schéma cinématique doivent avoir les mêmes couleurs que celles utilisées sur le dessin d'ensemble.
- Il s'agit de mettre en place les symboles des liaisons **en respectant leur position et leur orientation**.
- On essaie de respecter **l'allure générale du mécanisme**, mais les formes et les dimensions des pièces ne sont pas respectées.

III. MODÉLISATION DES LIAISONS

- Hypothèses: Liaisons parfaites

H1 : Les solides sont **indéformables**.

H2 : Le contact s'établit théoriquement en un point, une portion de ligne ou d'une surface de définition géométriquement simple: point, droite, cercle, plan, cylindre, sphère, surface hélicoïdale.

H3 : Les surfaces de chacune des pièces sont **supposées géométriquement parfaites et le maintien du contact est toujours assuré**.

H4 : Les liaisons sont **considérées parfaites (sans jeux, sans frottements)**.

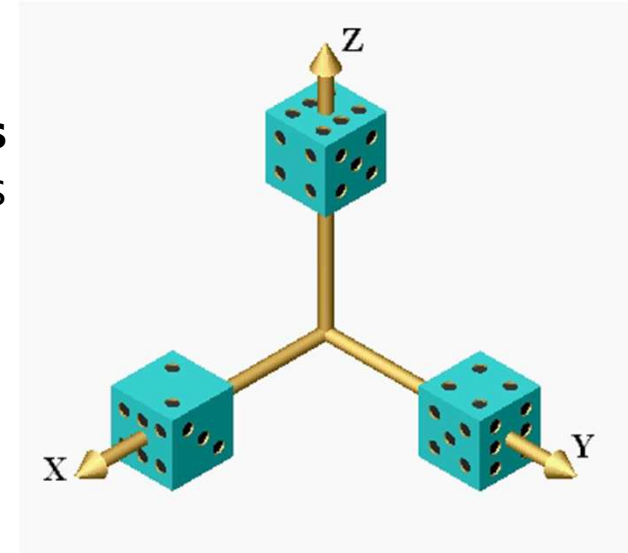


III. MODÉLISATION DES LIAISONS

- **Nombre de degrés de liberté :**

C'est le **nombre de déplacements indépendants autorisés par la liaison**. Les déplacements élémentaires sont au nombre de **6** :

- **3 translations** suivant **X, Y** et **Z**
(nommées respectivement T_x, T_y, T_z)
- **3 rotations** autour de **X, Y** et **Z**
(nommées respectivement R_x, R_y, R_z)



Ce nombre est appelé **ddl** ou n_c (**nombre d'inconnues cinématiques**).

$$n_c \leq 6$$

- **Nombre de degrés de liaison :**

C'est le **nombre de déplacements indépendants éliminés par la liaison**.

Ce nombre est appelé n_s (**nombre d'inconnues statiques**).

$$n_c + n_s = 6$$

III. MODÉLISATION DES LIAISONS

- Liaisons élémentaires :

C'est une **liaison simple** entre deux pièces obtenue par contact entre des surfaces géométriques élémentaires appartenant aux deux pièces.

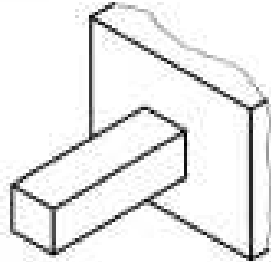
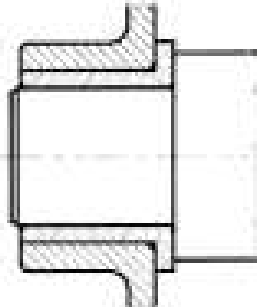
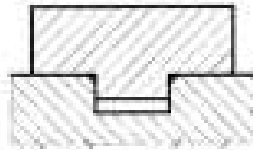
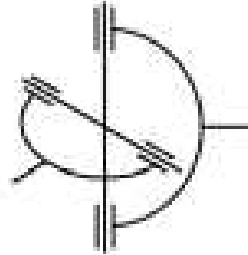
Les surfaces de contact sont appelées **surfaces fonctionnelles**.

	Plan	cylindre	Sphère
Sphère	Liaison ponctuelle ou Sphère/Plan	Liaison linéaire annulaire	Liaison sphérique
Cylindre	Liaison linéaire rectiligne	Liaison pivot glissant	
Plan	Liaison appui plan		

III. MODÉLISATION DES LIAISONS

- Liaisons composées :**

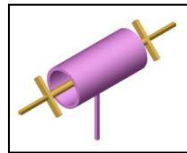
Elles sont obtenues par **association cohérente de plusieurs liaisons élémentaires.**

Association de liaisons élémentaires	Exemple	Association de liaisons élémentaires	Exemple
Liaison complète	 <p>Poutre encastrée</p>	Liaison pivot	 <p>Guidage en rotation</p>
Liaison glissière	 <p>Guidage en translation</p>	Liaison sphérique à doigt	 <p>Joint de cardan</p>

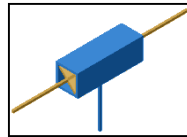
IV. ETUDES DES LIAISONS ENTRE PIÈCES

➔ **Liaison
encastrement**

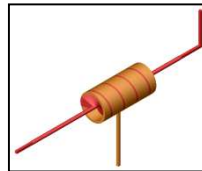
➔ **Liaison pivot**



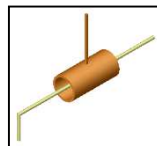
➔ **Liaison
glissière**



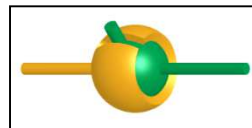
➔ **Liaison
hélicoïdale**



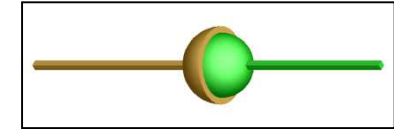
➔ **Liaison pivot
glissant**



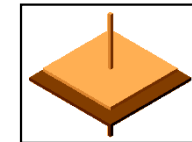
➔ **Liaison sphérique
à doigt**



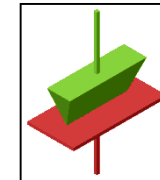
➔ **Liaison rotule
ou sphérique**



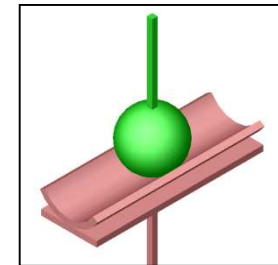
➔ **Liaison appui
plan**



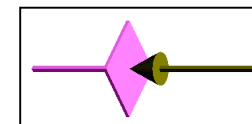
➔ **Liaison linéaire
rectiligne**



➔ **Liaison linéaire
annulaire**



➔ **Liaison
ponctuelle**



1. Etude de la LIAISON ENCASTREMENT

Animation :

Pas d'animation pour cette liaison, car elle concerne des pièces **immobiles** les unes par rapport aux autres



Degrés de liberté :

	T	R
X	0	0
Y	0	0
Z	0	0

Degré de mobilité :

$$d = 0$$

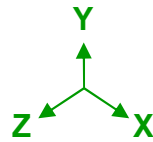
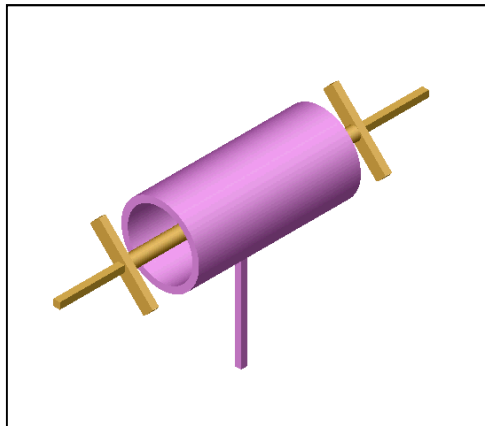
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
 <p>(1) Symbole admissible lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté.</p>	



2. Etude de la LIAISON PIVOT

Animation :



Une liaison **PIVOT** est définie par **son axe de rotation**.

(ex : Liaison **PIVOT d'axe \vec{z}**)

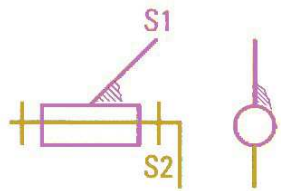
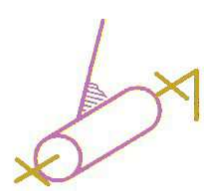
Degrés de liberté :

	T	R
X	0	0
Y	0	0
Z	0	1

Degré de mobilité :

d = 1

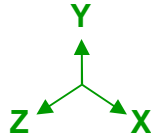
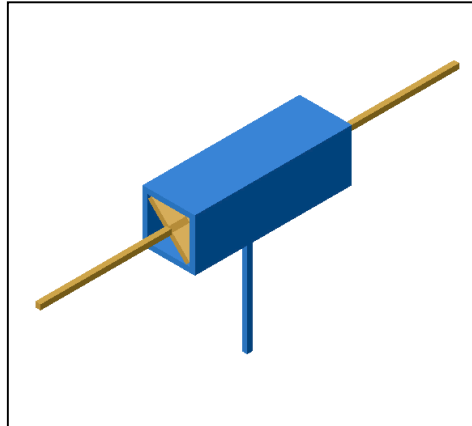
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



3. Etude de la **LIAISON GLISSIÈRE**

Animation :



Une liaison **GLISSIÈRE** est définie par **son axe**.

(ex : Liaison **GLISSIÈRE d'axe \vec{z}**)

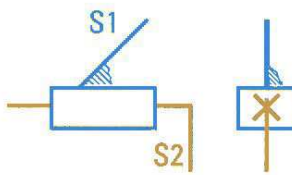
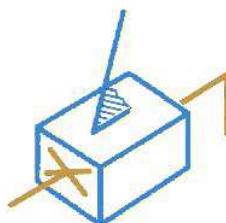
Degrés de liberté :

	T	R
X	0	0
Y	0	0
Z	1	0

Degré de mobilité :

$d = 1$

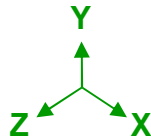
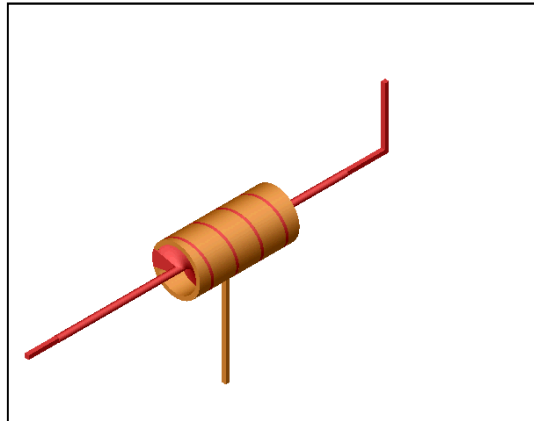
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



4. Etude de la LIAISON HELICOÏDALE

Animation :



Une liaison **HELICOÏDALE** est définie par **son axe**.

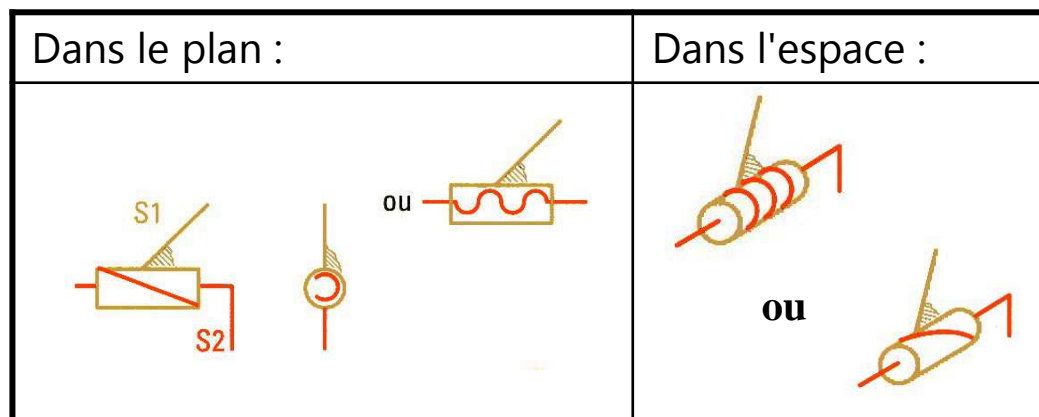
(ex : Liaison **HELICOÏDALE d'axe \vec{z}**)

Degrés de liberté :

	T	R
X	0	0
Y	0	0
Z	1	1

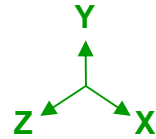
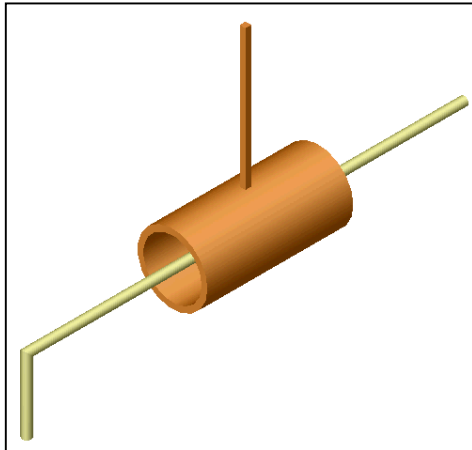
Degré de mobilité :
 $d = 1$ (2 mouvements combinés)

Schématisation normalisée :



5. Etude de la LIAISON PIVOT GLISSANT

Animation :



Une liaison **PIVOT GLISSANT** est définie par **son axe**.

(ex : Liaison **PIVOT GLISSANT d'axe Z**)

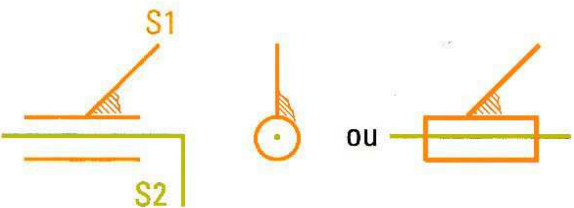

Degrés de liberté :

	T	R
X	0	0
Y	0	0
Z	1	1

Degré de mobilité :

d = 2

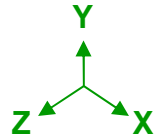
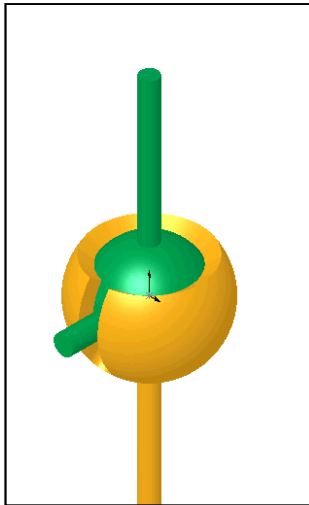
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



6. Etude de la LIAISON SPHÉRIQUE À DOIGT

Animation :



Une liaison **SPHÉRIQUE À DOIGT** est définie par **son centre**.

(ex : Liaison **SPHERIQUE À DOIGT au point A**)



Degrés de liberté :

	T	R
X	0	1
Y	0	0
Z	0	1

Degré de mobilité :

$$d = 2$$

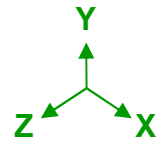
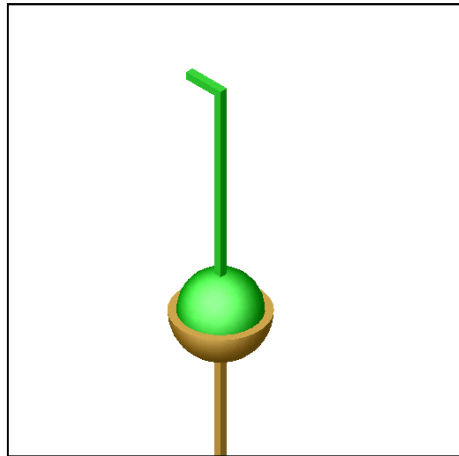
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



7. Etude de la LIAISON ROTULE

Animation :



Une liaison **ROTULE** ou **SPHÉRIQUE** est définie par **son centre**.

(ex : Liaison **ROTULE au point A**)

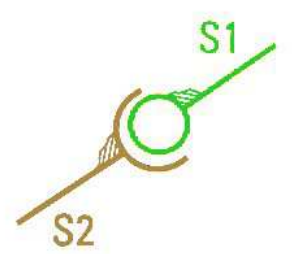
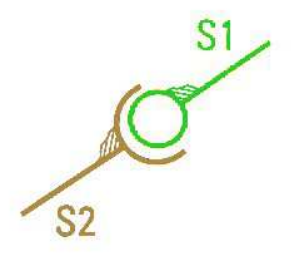
Degrés de liberté :

	T	R
X	0	1
Y	0	1
Z	0	1

Degré de mobilité :

$$d = 3$$

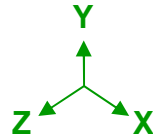
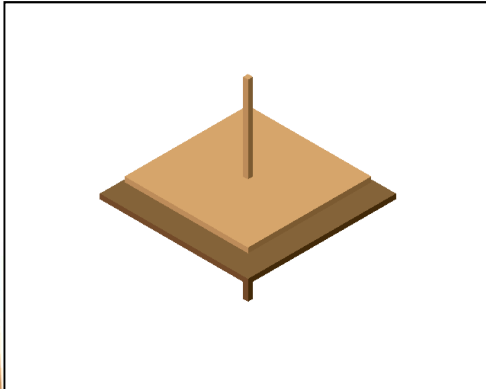
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



8. Etude de la LIAISON APPUI PLAN

Animation :



Une liaison **APPUI PLAN** est définie par **sa normale**.

(ex : Liaison **APPUI PLAN de normale \vec{y}**)

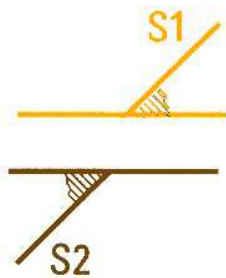
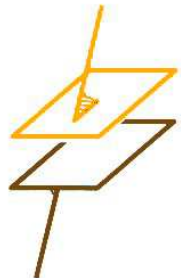
Degrés de liberté :

	T	R
X	1	0
Y	0	1
Z	1	0

Degré de mobilité :

$d = 3$

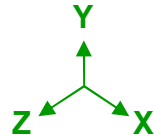
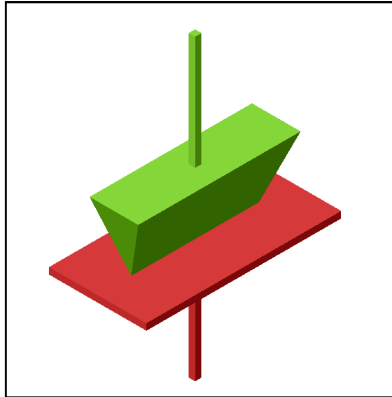
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



9. Etude de la LIAISON LINÉAIRE RECTILIGNE

Animation :



Une liaison **LINÉAIRE RECTILIGNE** est définie par **son axe et sa normale**.

(ex : Liaison **LINÉAIRE RECTILIGNE** d'axe \vec{z} et de normale \vec{y})

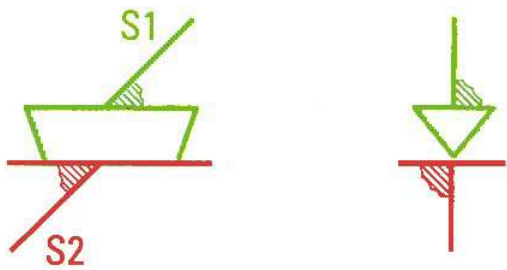
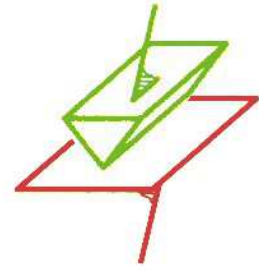
Degrés de liberté :

	T	R
X	1	0
Y	0	1
Z	1	1

Degré de mobilité :

$$d = 4$$

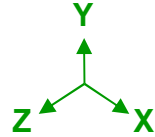
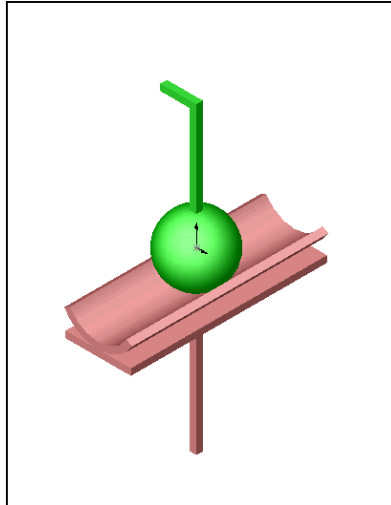
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



10. Etude de la LIAISON LINÉAIRE ANNULAIRE

Animation :



Une liaison **SPHÈRE/CYLINDRE** ou **LINÉAIRE ANNULAIRE** est définie par **son axe**.

(ex : Liaison **LINÉAIRE ANNULAIRE** d'axe \vec{z})

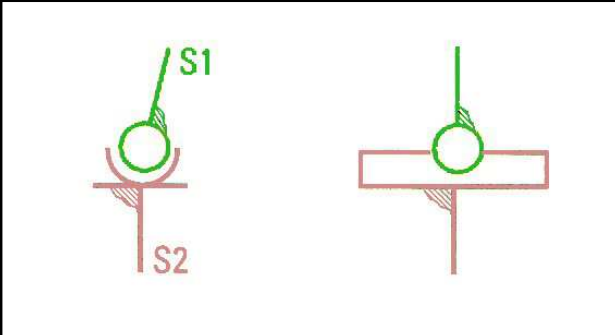
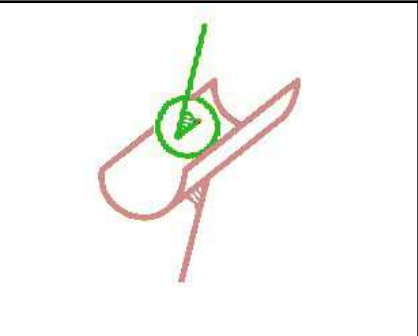
Degrés de liberté :

	T	R
X	0	1
Y	0	1
Z	1	1

Degré de mobilité :

$d = 4$

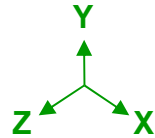
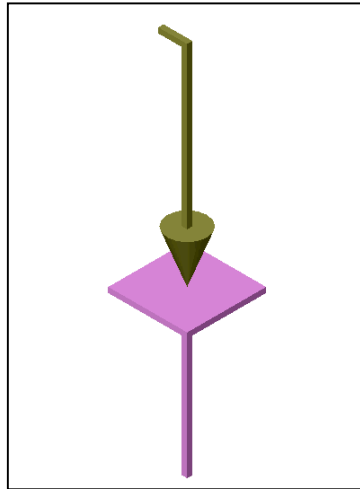
Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	



11. Etude de la LIAISON PONCTUELLE

Animation :



Une liaison **PONCTUELLE** est définie par **sa normale**.

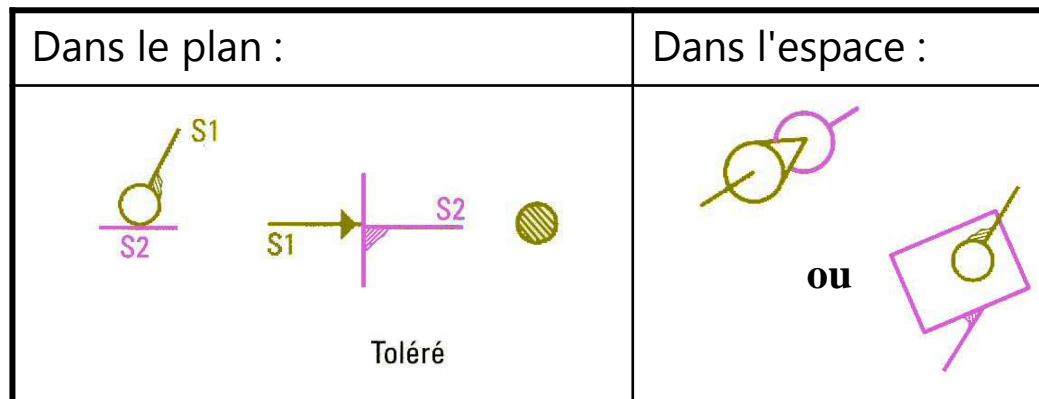
(ex : Liaison **PONCTUELLE de normale \vec{y}**)

Degrés de liberté :

	T	R
X	1	1
Y	0	1
Z	1	1



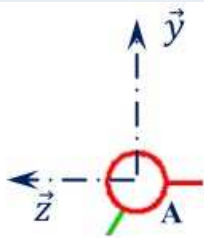
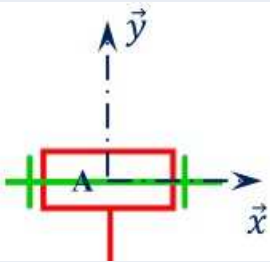
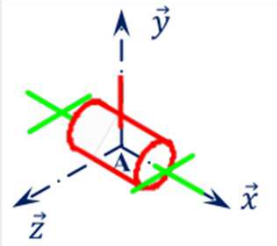
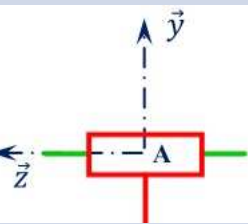
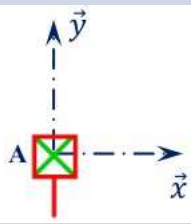
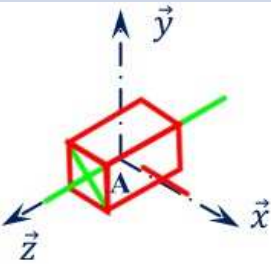
Degré de mobilité :
 $d = 5$

Schématisation normalisée :



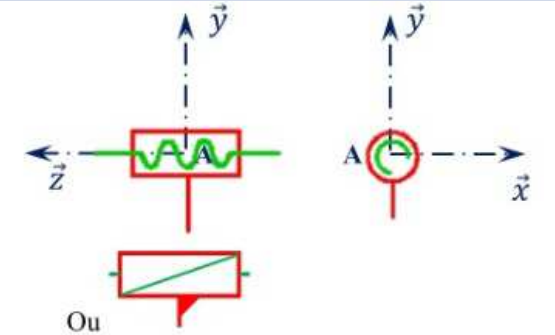
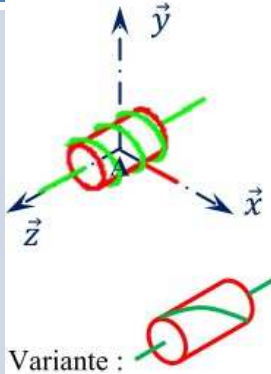
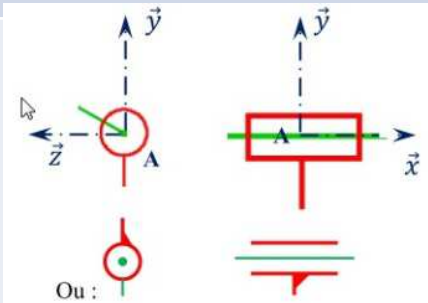
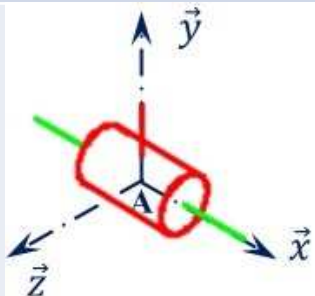
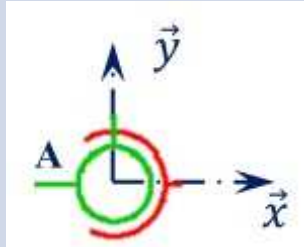
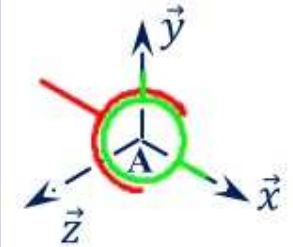
IV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES LIAISONS

1/5

Nature liaison et repère associé	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	Efforts transmissibles
Encastrement			$n_c = 0$ $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$	$n_s = 6$ $\begin{pmatrix} F_x & M_x \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{pmatrix}_A$
Liaison pivot d'axe (A, \vec{x})	 		$n_c = 1$ $\begin{pmatrix} R_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$	$n_s = 5$ $\begin{pmatrix} F_x & 0 \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{pmatrix}_A$
Liaison glissière d'axe (A, \vec{z})	 		$n_c = 1$ $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & T_z \end{pmatrix}_A$	$n_s = 5$ $\begin{pmatrix} F_x & M_x \\ F_y & M_y \\ 0 & M_z \end{pmatrix}_A$

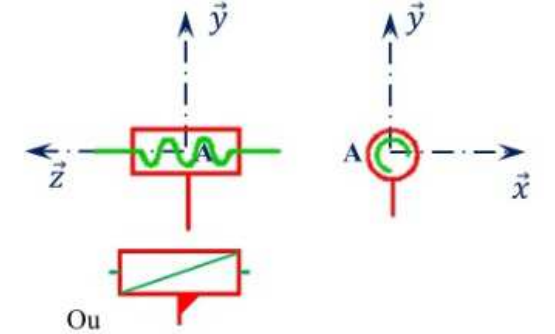

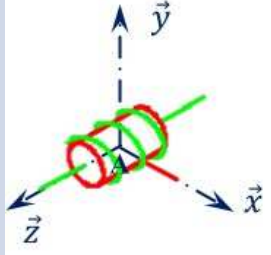

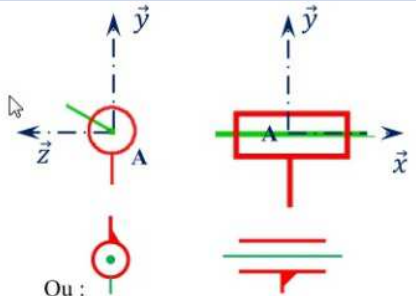
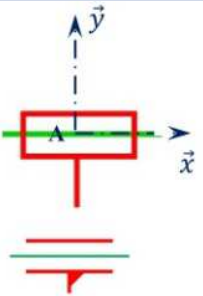
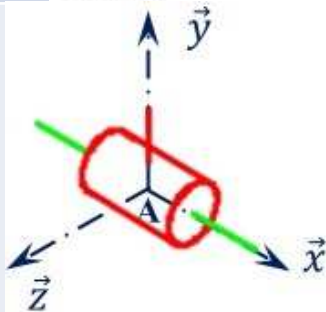
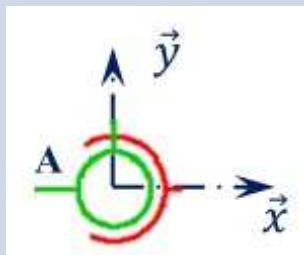
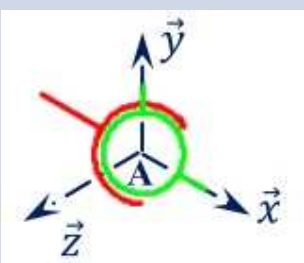
IV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES LIAISONS

2/5

Nature liaison et repère associé	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	Efforts transmissibles
Liaison hélicoïdale d'axe (A, \vec{z})	 <p>Ou</p>	 <p>Variante :</p>	$n_c = 1$ $\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ R_z & T_z \end{Bmatrix}_A$ <i>Avec R_z et T_z liés</i>	$n_s = 5$ $\begin{Bmatrix} F_x & M_x \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$ <i>Avec F_z et M_z liés</i>
Liaison pivot glissant d'axe (A, \vec{x})	 <p>Ou :</p>		$n_c = 2$ $\begin{Bmatrix} R_x & T_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$	$n_s = 4$ $\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$
Liaison rotule à doigt (ou sphérique à doigt) de centre A			$n_c = 2$ $\begin{Bmatrix} R_x & 0 \\ R_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$	$n_s = 4$ $\begin{Bmatrix} F_x & 0 \\ F_y & 0 \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$

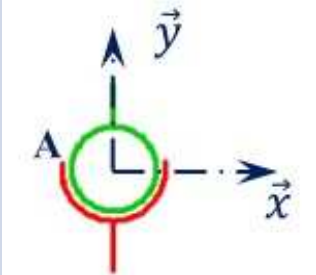
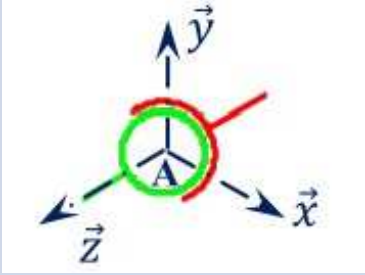
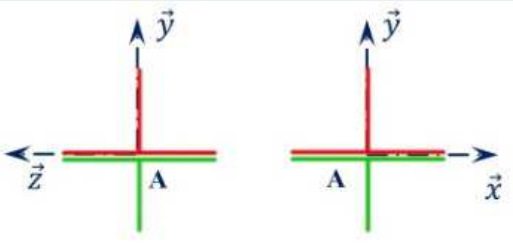
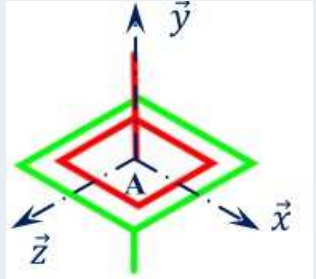
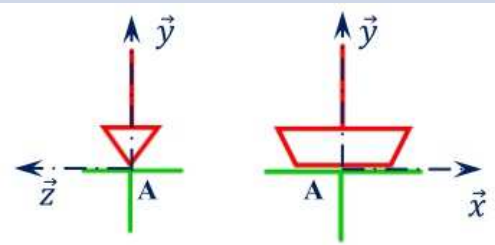
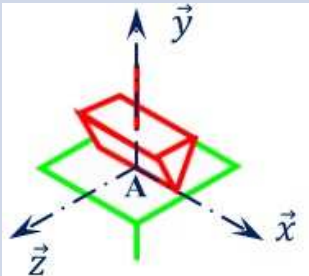
IV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES LIAISONS

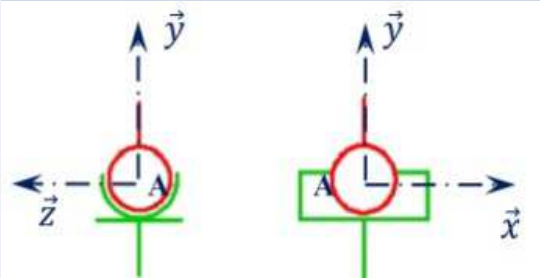
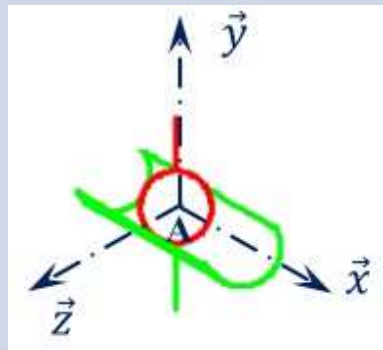
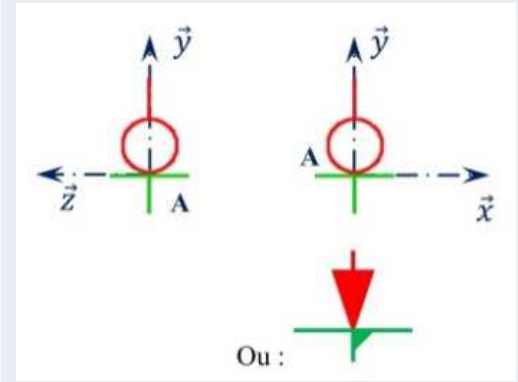
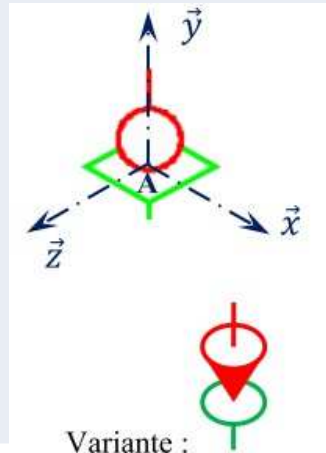
3/5

Nature liaison et repère associé	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	Efforts transmissibles
Liaison hélicoïdale d'axe (A, \vec{z})	 <p>Ou</p> 	 <p>Variante :</p> 	$n_c = 1$ $\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ R_z & T_z \end{Bmatrix}_A$ <i>Avec R_z et T_z liés</i>	$n_s = 5$ $\begin{Bmatrix} F_x & M_x \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$ <i>Avec F_z et M_z liés</i>
Liaison pivot glissant d'axe (A, \vec{x})	 <p>Ou :</p> 		$n_c = 2$ $\begin{Bmatrix} R_x & T_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$	$n_s = 4$ $\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$
Liaison rotule à doigt (ou sphérique à doigt) de centre A			$n_c = 2$ $\begin{Bmatrix} R_x & 0 \\ R_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$	$n_s = 4$ $\begin{Bmatrix} F_x & 0 \\ F_y & 0 \\ F_z & M_z \end{Bmatrix}_A$

IV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES LIAISONS

4/5

Nature liaison et repère associé	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	Efforts transmissibles
Liaison rotule (ou sphérique) de centre A			$n_c = 3$ $\begin{pmatrix} R_x & 0 \\ R_y & 0 \\ R_z & 0 \end{pmatrix}_A$	$n_s = 3$ $\begin{pmatrix} F_x & 0 \\ F_y & 0 \\ F_z & 0 \end{pmatrix}_A$
Liaison appui plan de normale (A, \vec{y})			$n_c = 3$ $\begin{pmatrix} 0 & T_x \\ R_y & 0 \\ 0 & T_z \end{pmatrix}_A$	$n_s = 3$ $\begin{pmatrix} 0 & M_x \\ F_y & 0 \\ 0 & M_z \end{pmatrix}_A$
Liaison linéaire rectiligne de normale (A, \vec{y}) de direction (A, \vec{x})			$n_c = 4$ $\begin{pmatrix} R_x & T_x \\ R_y & 0 \\ 0 & T_z \end{pmatrix}_A$	$n_s = 2$ $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ F_y & 0 \\ 0 & M_z \end{pmatrix}_A$

Nature liaison et repère associé	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	Efforts transmissibles
Liaison linéaire annulaire de direction (A, \vec{x})			$n_c = 4$ $\begin{pmatrix} R_x & T_x \\ R_y & 0 \\ R_z & 0 \end{pmatrix}_A$	$n_s = 2$ $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ F_y & 0 \\ F_z & 0 \end{pmatrix}_A$
Liaison ponctuelle de normale (A, \vec{y})	 <p>Ou :</p>	 <p>Variante :</p>	$n_c = 5$ $\begin{pmatrix} R_x & T_x \\ R_y & 0 \\ R_z & T_z \end{pmatrix}_A$	$n_s = 1$ $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ F_y & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$

Exemple/ Serre-joints

