

- ➔ **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.

- 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**.

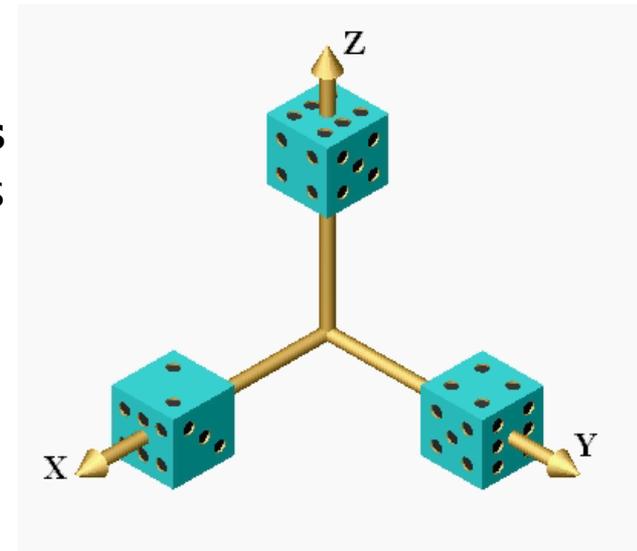
**H4** : Les liaisons sont **considérées parfaites (sans jeux, sans frottements)**.



- **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.

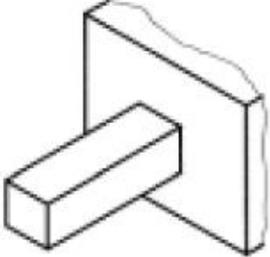
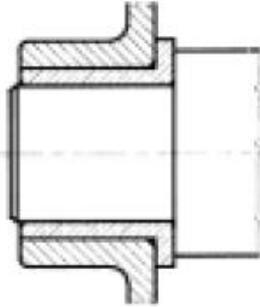
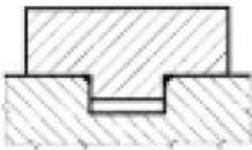
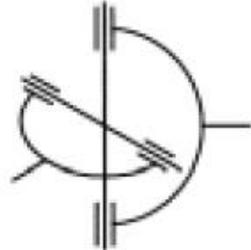
Les surfaces de contact sont appelées **surfaces fonctionnelles**.

	Plan	cylindre	Sphère
Sphère	Liaison <b>sphère plan</b> ou ponctuelle	Liaison <b>sphère cylindre</b> ou linéaire annulaire	Liaison <b>sphérique</b> ou rotule
Cylindre	Liaison <b>linéaire rectiligne</b>	Liaison <b>pivot glissant</b>	
Plan	Liaison <b>appui plan</b>		

# III. MODÉLISATION DES LIAISONS

- Liaisons composées :**

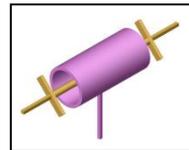
Elles sont obtenues par **association cohérente de plusieurs liaisons élémentaires.**

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

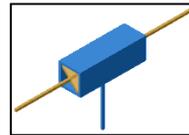
# IV. ETUDES DES LIAISONS ENTRE PIÈCES

➔ **Liaison encastrement**

➔ **Liaison pivot**



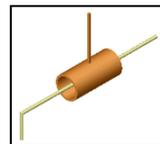
➔ **Liaison glissière**



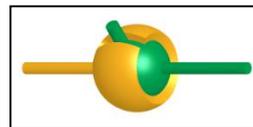
➔ **Liaison hélicoïdale**



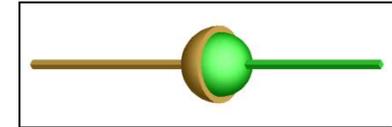
➔ **Liaison pivot glissant**



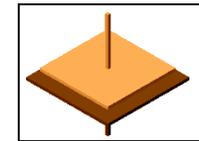
➔ **Liaison sphérique à doigt**



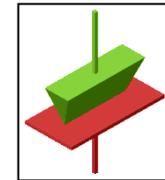
➔ **Liaison sphérique ou rotule**



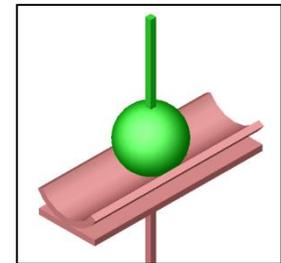
➔ **Liaison appui plan**



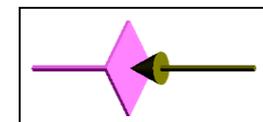
➔ **Liaison linéaire rectiligne**



➔ **Liaison sphère cylindre ou linéaire annulaire**



➔ **Liaison sphère plan ou 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

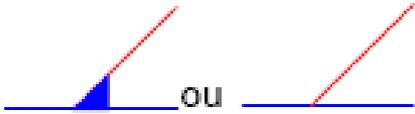
## Degrés de liberté :

T	R
0	0
0	0
0	0

**Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 0$**

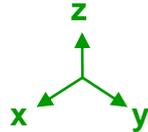
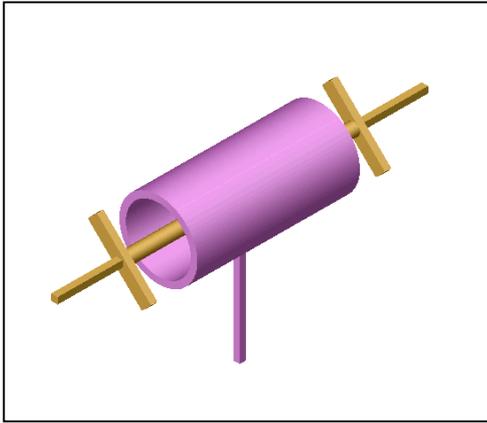
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 6$**

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

## 2. Etude de la LIAISON PIVOT

### Animation :



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

ex: liaison **pivot d'axe (A, x)**

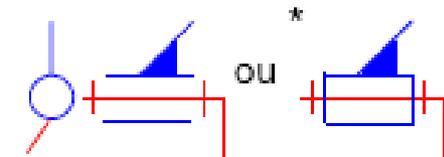
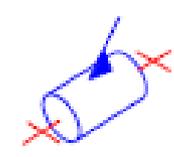
### Degrés de liberté :

T	R
0	$R_x$
0	0
0	0

**Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 1$**

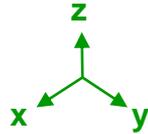
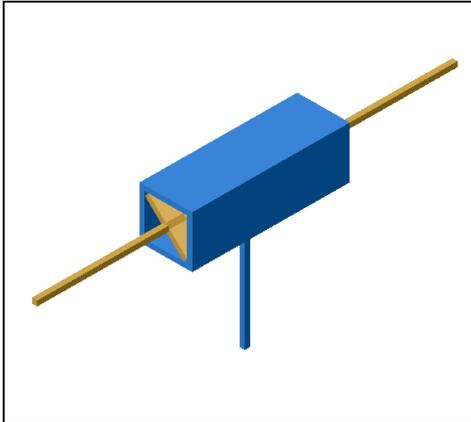
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 5$**

### Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 3. Etude de la LIAISON GLISSIÈRE

## Animation :



Une liaison **GLISSIÈRE** est définie par **la direction de translation**.

(ex : Liaison **glissière de direction x**)

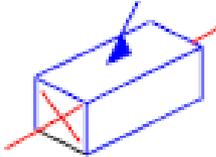
## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	0
0	0
0	0

Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 1$

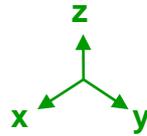
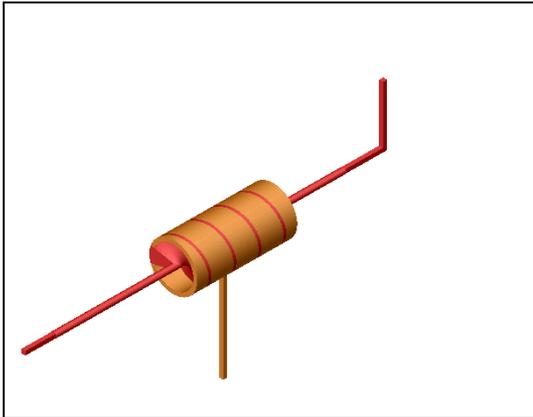
Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 5$

## 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 **hélicoïdale d'axe (A, x)**)

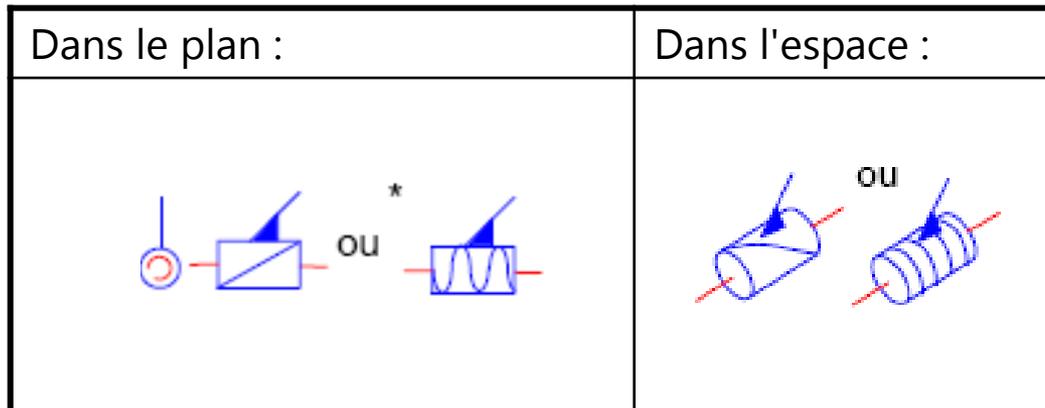
## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	$R_x$
0	0
0	0

**Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 1$**   
(2 mouvements liés)

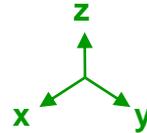
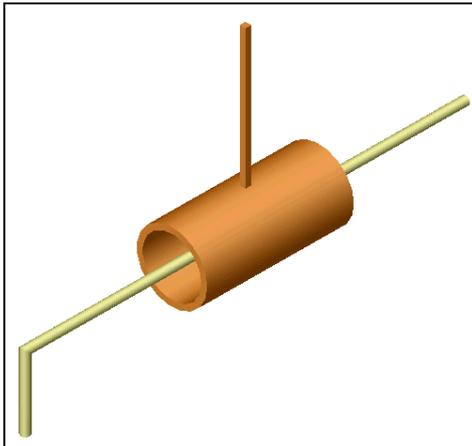
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 5$**

## 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 (A, x)**)

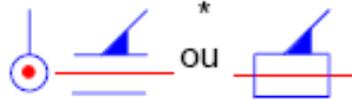
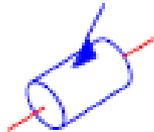
## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	$R_x$
0	0
0	0

Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 2$

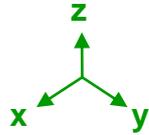
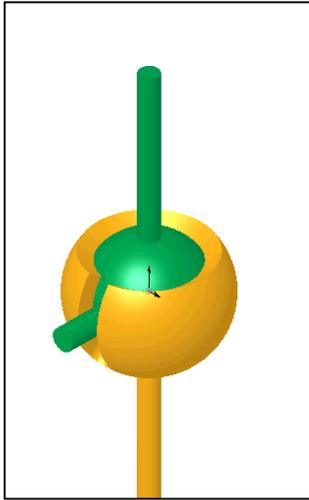
Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 4$

## 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 **les axes de rotation**.

(ex : Liaison **SPHERIQUE À DOIGT d'axes (A, x) et (A, y)**)

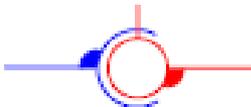
## Degrés de liberté :

T	R
0	$R_x$
0	$R_y$
0	0

**Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 2$**

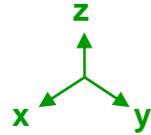
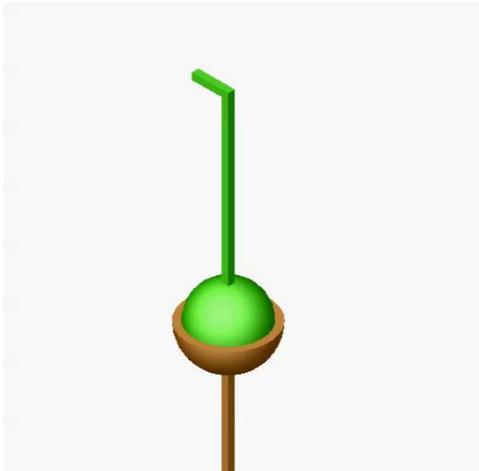
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 4$**

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 7. Etude de la LIAISON SPHERIQUE

## Animation :



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

(ex : Liaison **sphérique de centre A**)

## Degrés de liberté :

T	R
0	$R_x$
0	$R_y$
0	$R_z$

**Nombre de degrés de mobilité :  $n_c = 3$**

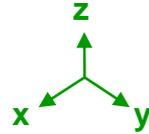
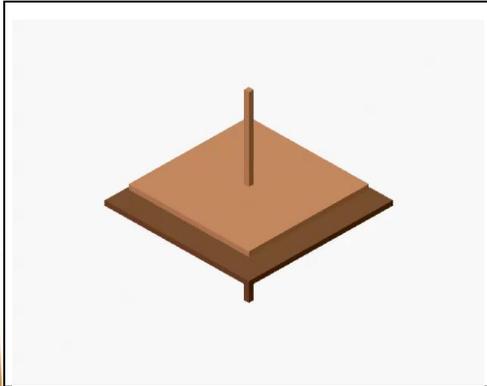
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 3$**

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 8. Etude de la LIAISON APPUI PLAN

## Animation :



Une liaison **APPUI PLAN** est définie par **la direction normale au plan.**

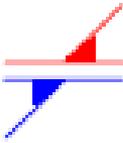
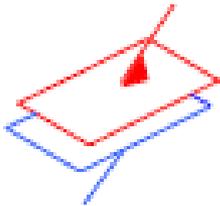
(ex : Liaison **appui plan de direction normale z**)

## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	0
$T_y$	0
0	$R_z$

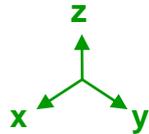
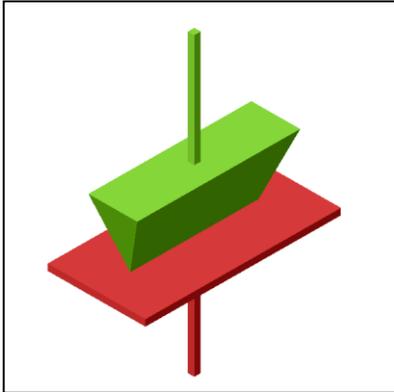
Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 3$   
 Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 3$

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 9. Etude de la LIAISON LINÉAIRE RECTILIGNE

## Animation :



Une liaison **LINEAIRE RECTILIGNE** est définie par **son axe et la direction normale au plan.**

(ex : Liaison **linéaire rectiligne d'axe (A, x) et de direction normale z**)

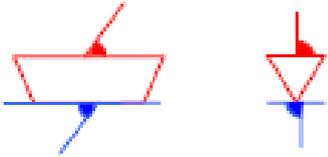
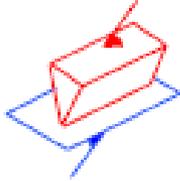
## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	$R_x$
$T_y$	0
0	$R_z$

Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 4$

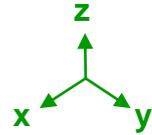
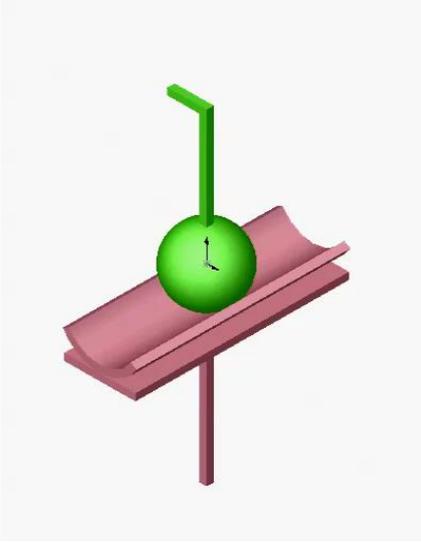
Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 2$

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 10. Etude de la LIAISON SPHERE CYLINDRE

## Animation :



Une liaison **SPHERE CYLINDRE** ou LINEAIRE ANNULAIRE est définie par **son centre et sa direction**.

(ex : Liaison **sphère cylindre de centre A et de direction x**)

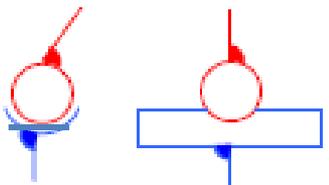
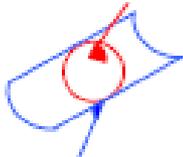
## Degrés de liberté :

T	R
$T_x$	$R_x$
0	$R_y$
0	$R_z$

Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 4$

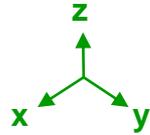
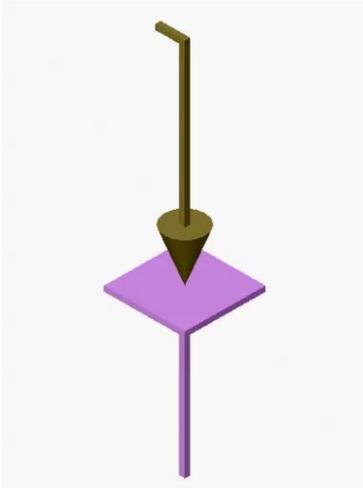
Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 2$

## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

# 11. Etude de la LIAISON SPHERE PLAN

## Animation :



Une liaison **SPHERE PLAN** ou PONCTUELLE est définie par **sa normale**.

(ex : Liaison **sphère plan de normale (A, z)**)

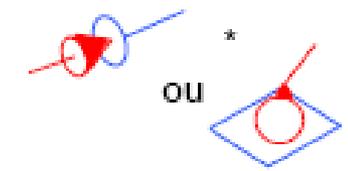
## Degrés de liberté :

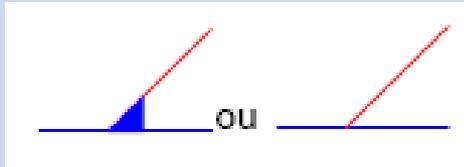
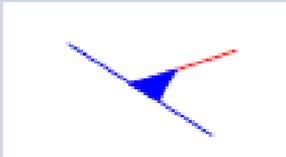
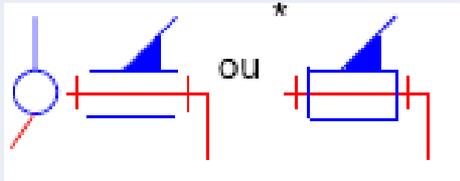
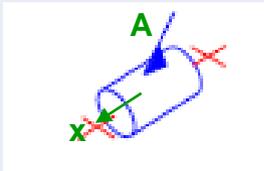
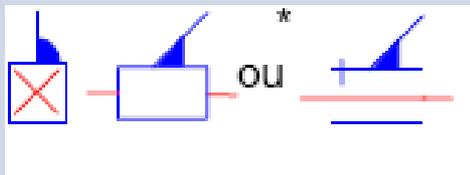
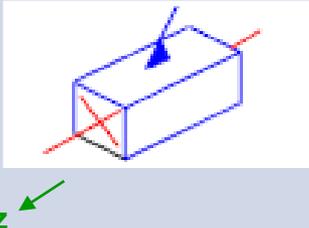
T	R
$T_x$	$R_x$
$T_y$	$R_y$
0	$R_z$

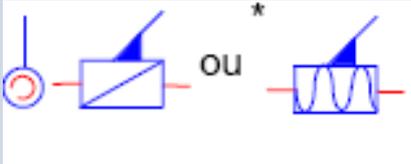
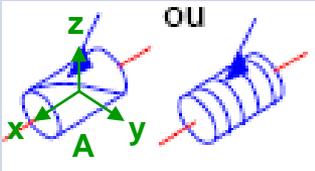
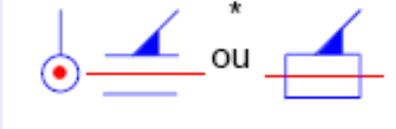
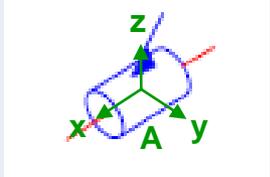
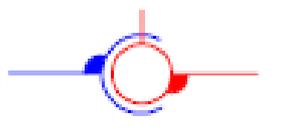
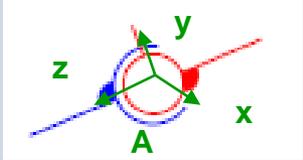
**Nombre de degrés de liberté :  $n_c = 5$**

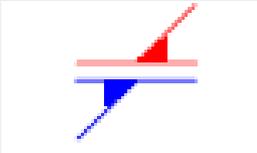
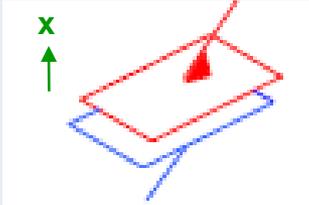
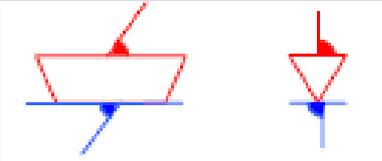
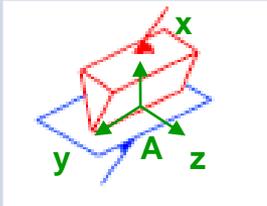
**Nombre de degrés de liaison :  $n_s = 1$**

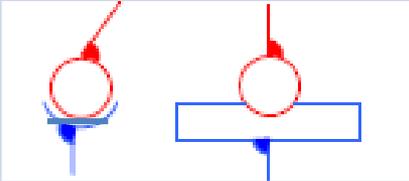
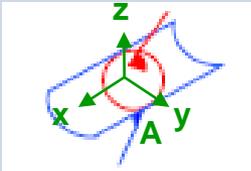
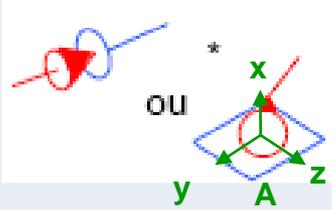
## Schématisation normalisée :

Dans le plan :	Dans l'espace :
	

Nature liaison	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	$n_c$	$n_s$								
Liaison encastrement			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	0	0	0	0	0	0	6
T	R												
0	0												
0	0												
0	0												
Liaison pivot d'axe (A,x)			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	$R_x$	0	0	0	0	1	5
T	R												
0	$R_x$												
0	0												
0	0												
Liaison glissière de direction z			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td><math>T_z</math></td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	0	0	0	$T_z$	0	1	5
T	R												
0	0												
0	0												
$T_z$	0												

Nature liaison	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	$n_c$	$n_s$								
Liaison hélicoïdale d'axe $(A,x)$			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td><math>T_x</math></td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	T	R	$T_x$	$R_x$	0	0	0	0	1	5
T	R												
$T_x$	$R_x$												
0	0												
0	0												
				<b><math>T_x</math> et <math>R_x</math> sont liées</b>									
Liaison pivot glissant d'axe $(A,x)$			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td><math>T_x</math></td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	T	R	$T_x$	$R_x$	0	0	0	0	2	4
T	R												
$T_x$	$R_x$												
0	0												
0	0												
Liaison sphérique à doigt d'axes $(A,x)$ et $(A,y)$			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_y</math></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	$R_x$	0	$R_y$	0	0	2	4
T	R												
0	$R_x$												
0	$R_y$												
0	0												

Nature liaison	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	$n_c$	$n_s$								
Liaison sphérique de centre A			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_y</math></td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_z</math></td></tr> </table>	T	R	0	$R_x$	0	$R_y$	0	$R_z$	3	3
T	R												
0	$R_x$												
0	$R_y$												
0	$R_z$												
Liaison appui plan de direction normale x			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td><math>T_y</math></td><td>0</td></tr> <tr><td><math>T_z</math></td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	$R_x$	$T_y$	0	$T_z$	0	3	3
T	R												
0	$R_x$												
$T_y$	0												
$T_z$	0												
Liaison linéaire rectiligne d'axe (A, y) et de direction normale x			<table border="1"> <tr><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>R_x</math></td></tr> <tr><td><math>T_y</math></td><td><math>R_y</math></td></tr> <tr><td><math>T_z</math></td><td>0</td></tr> </table>	T	R	0	$R_x$	$T_y$	$R_y$	$T_z$	0	4	2
T	R												
0	$R_x$												
$T_y$	$R_y$												
$T_z$	0												

Nature liaison	Schématisation plane	Schématisation spatiale	Degrés de liberté	$n_c$	$n_s$								
<p>Liaison sphère cylindre de centre A et de direction x</p>			<table border="1"> <tr> <td>T</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td><math>T_x</math></td> <td><math>R_x</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td><math>R_y</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td><math>R_z</math></td> </tr> </table>	T	R	$T_x$	$R_x$	0	$R_y$	0	$R_z$	4	2
T	R												
$T_x$	$R_x$												
0	$R_y$												
0	$R_z$												
<p>Liaison sphère plan de normale <math>(A,x)</math></p>			<table border="1"> <tr> <td>T</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td><math>R_x</math></td> </tr> <tr> <td><math>T_y</math></td> <td><math>R_y</math></td> </tr> <tr> <td><math>T_z</math></td> <td><math>R_z</math></td> </tr> </table>	T	R	0	$R_x$	$T_y$	$R_y$	$T_z$	$R_z$	5	1
T	R												
0	$R_x$												
$T_y$	$R_y$												
$T_z$	$R_z$												