

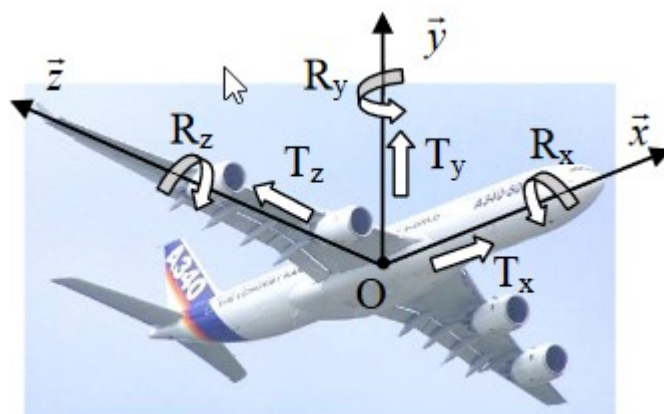
## Cours : Séquence « Modélisation cinématique des mécanismes » Liaisons mécaniques et schémas cinématiques

### Introduction aux liaisons : Surfaces élémentaires et hypothèses

Dans l'espace, un solide possède donc 6 Degrés De Liberté (DDL) :

- 3 translations :  $T_x, T_y, T_z$
- 3 rotations autour de O :  $R_x, R_y, R_z$

En résumé, trois paramètres permettant de positionner un point du solide (homogènes à une longueur) et trois paramètres angulaires permettant de définir l'orientation du solide (homogène à une mesure angulaire)



Les liaisons entre pièces permettant de répondre à une fonction technique donnée s'opèrent en supprimant un certain nombre de degrés de liberté entre ces pièces.

L'association de deux surfaces élémentaires d'un solide (2) et d'un solide (1) permet de contraindre les mouvements de (2)/(1). On les appelle les liaisons simples. On peut les caractériser par les degrés de libertés supprimés ou par les paramètres cinématiques nécessaires pour positionner (2)/(1).

Les différentes liaisons simples s'effectuent à partir des surfaces élémentaires que sont le cylindre de révolution, le plan et la sphère. Cette association est réalisée soit directement soit par l'intermédiaire de composants technologiques standards (roulements, coussinets, ...).

En associant les surfaces élémentaires sphère, plan et cylindre, on obtient les six liaisons simples.

	Plan	Cylindre	Sphère
Plan	<p>Surface plane</p>	<p>Ligne droite</p>	<p>Point</p>
Cylindre		<p>Surface cylindrique</p>	<p>Ligne circulaire</p>
Sphère			<p>Surface sphérique</p>

# Mouvements autorisés par chaque liaison simple

	<p>(2)/(1) : Liaison sphère/plan ou ponctuelle de normale <math>(O\vec{z})</math>            On supprime 1 degré de liberté : <math>\cancel{Tz}</math>            Il reste 5 paramètres cinématiques</p>
	<p>(2)/(1) : Liaison linéaire rectiligne d'axe <math>(O\vec{x})</math> de normale <math>(O\vec{z})</math>            On supprime 2 degrés de liberté : <math>\cancel{Tz} \cancel{Ry}</math>            Il reste 4 paramètres cinématiques</p>
	<p>(2)/(1) : Liaison sphère/cylindre ou linéaire annulaire d'axe <math>(O\vec{x})</math>            On supprime 2 degrés de liberté : <math>\cancel{Tz} \cancel{Rz}</math>            Il reste 4 paramètres cinématiques</p>
	<p>(2)/(1) : Liaison appui plan de normale <math>(O\vec{z})</math>            On supprime 3 degrés de liberté : <math>\cancel{Tz} \cancel{Rx} \cancel{Ry}</math>            Il reste 3 paramètres cinématiques</p>
	<p>(2)/(1) : Liaison sphère/sphère ou rotule en O            On supprime 3 degrés de liberté : <math>\cancel{Tz} \cancel{Tz} \cancel{Tz}</math>            Il reste 3 paramètres cinématiques</p>
	<p>(2)/(1) : Liaison pivot glissant d'axe <math>(O\vec{x})</math>            On supprime 4 degrés de liberté : <math>\cancel{Tz} \cancel{Tz} \cancel{Ry} \cancel{Rz}</math>            Il reste 2 paramètres cinématiques</p>

La combinaison en parallèle des liaisons simples permet d'accéder à des liaisons composées. Les plus courantes sont les liaisons à un seul degré de liberté présentées ci-dessous et la liaison encastrement qui supprime tous les degrés de liberté.

**La liaison pivot**

(2)/(1) : Liaison pivot d'axe ( $O\vec{x}$ )  
On supprime 5 degrés de liberté :  
 $T_x T_y T_z R_y R_z$

Il reste 1 paramètre cinématique

**La liaison glissière**

(2)/(1) : Liaison glissière d'axe ( $O\vec{x}$ )  
On supprime 5 degrés de liberté :  
 $T_y T_z R_x R_y R_z$

Il reste 1 paramètre cinématique

**La liaison hélicoïdale**

(2)/(1) : Liaison hélicoïdale d'axe ( $O\vec{x}$ )

On supprime 5 degrés de liberté :  
 $T_y T_z R_x R_z + 1$  relation de dépendance entre  $T_x$  et  $R_x$

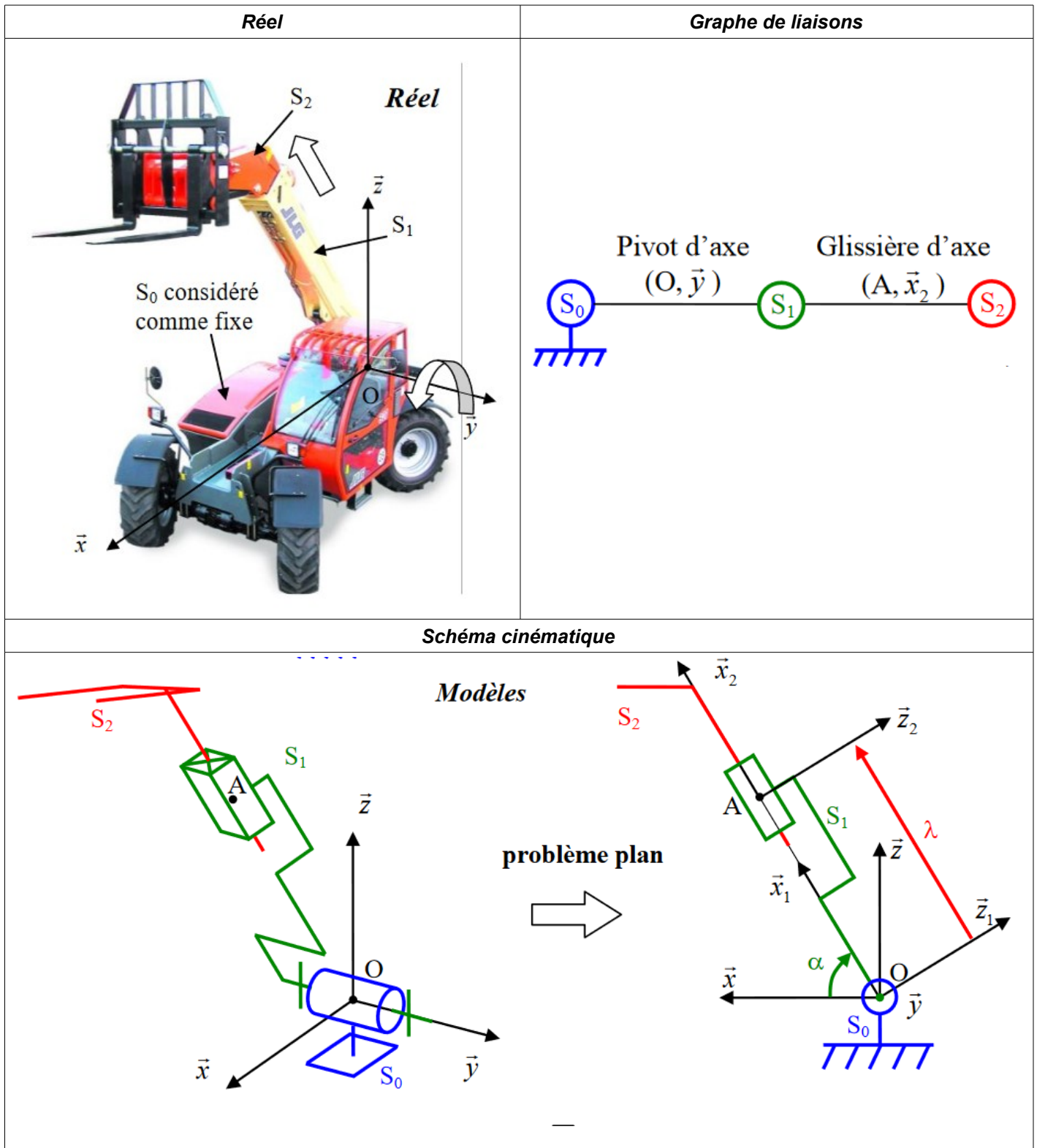
Il reste 1 paramètre cinématique indépendant

## Schémas cinématiques et graphes de liaison

Lorsque l'on souhaite étudier le comportement cinématique d'un mécanisme, il est nécessaire de s'appuyer sur un modèle cinématique.

Ce modèle est représenté par un schéma cinématique et/ou un graphe des liaisons.

### Exemple 1 de schématisation :

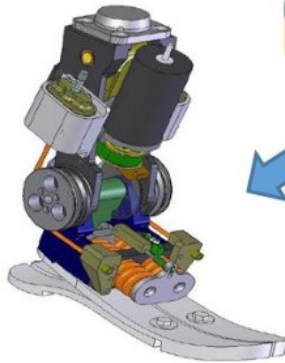


**Exemple 2 de schématisation :**

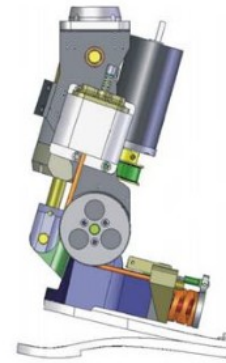
*Prothèse transtibiale*



Système réel



Représentation en vue 3D



Représentation en vue 2D

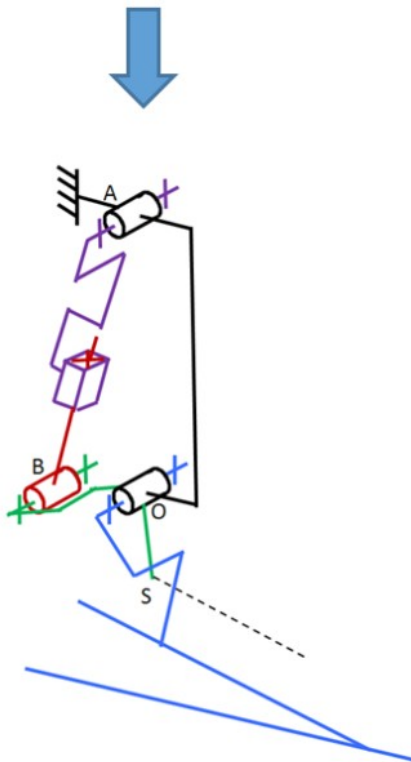


Schéma cinématique 3D

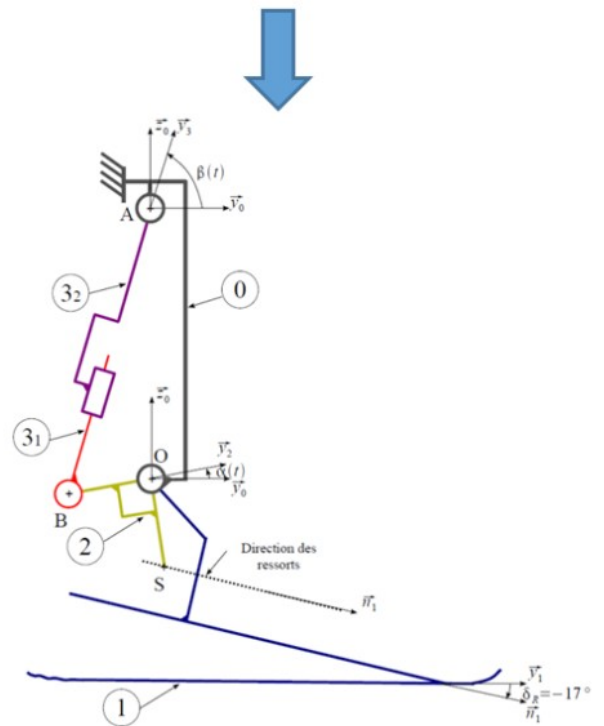
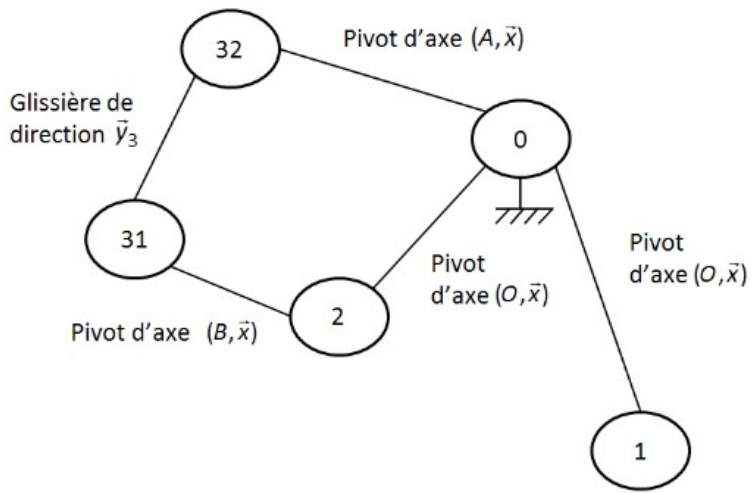
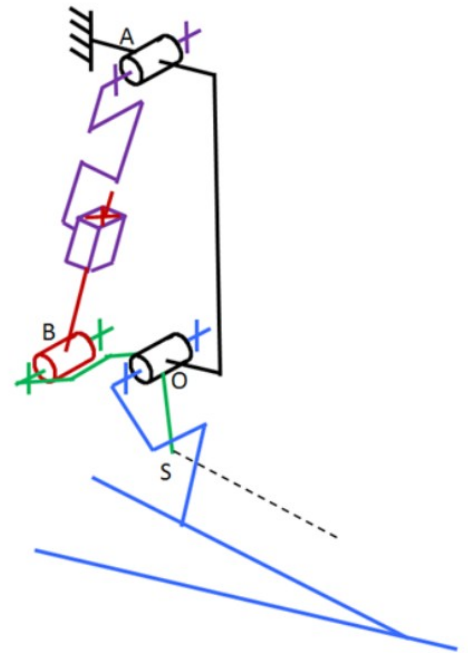


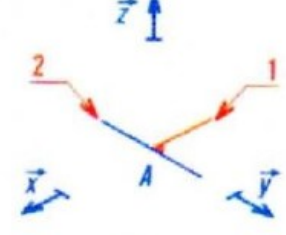
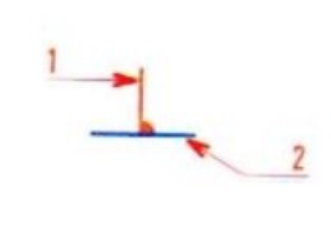
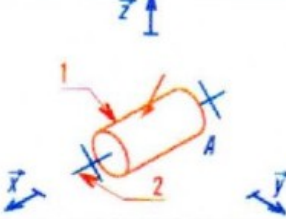
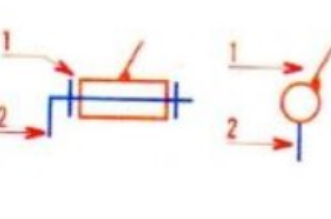
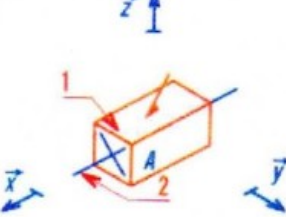
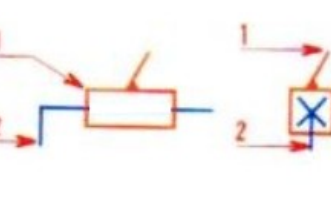
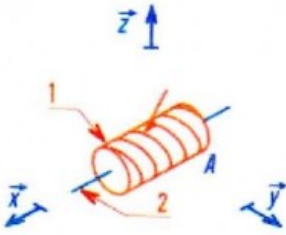
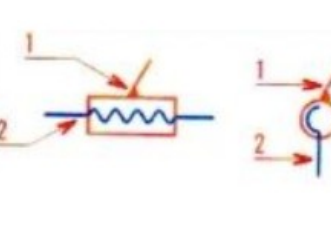
Schéma cinématique 2D

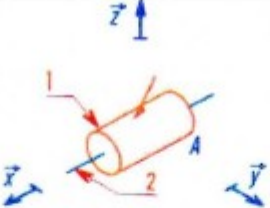

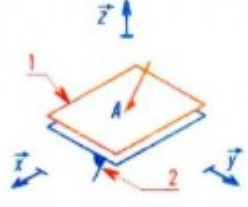
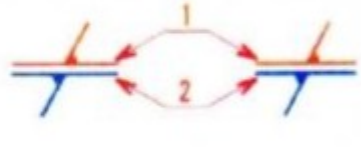
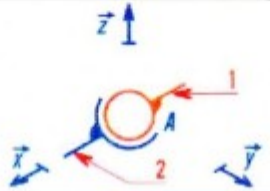
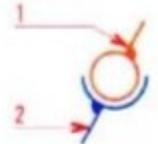
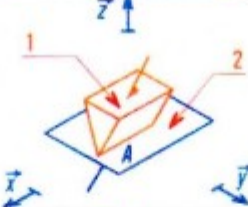

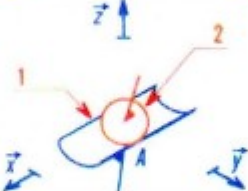
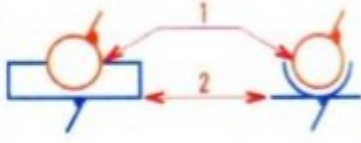
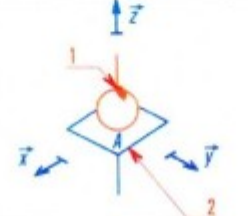
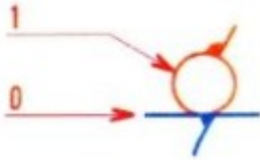


Graphe des liaisons



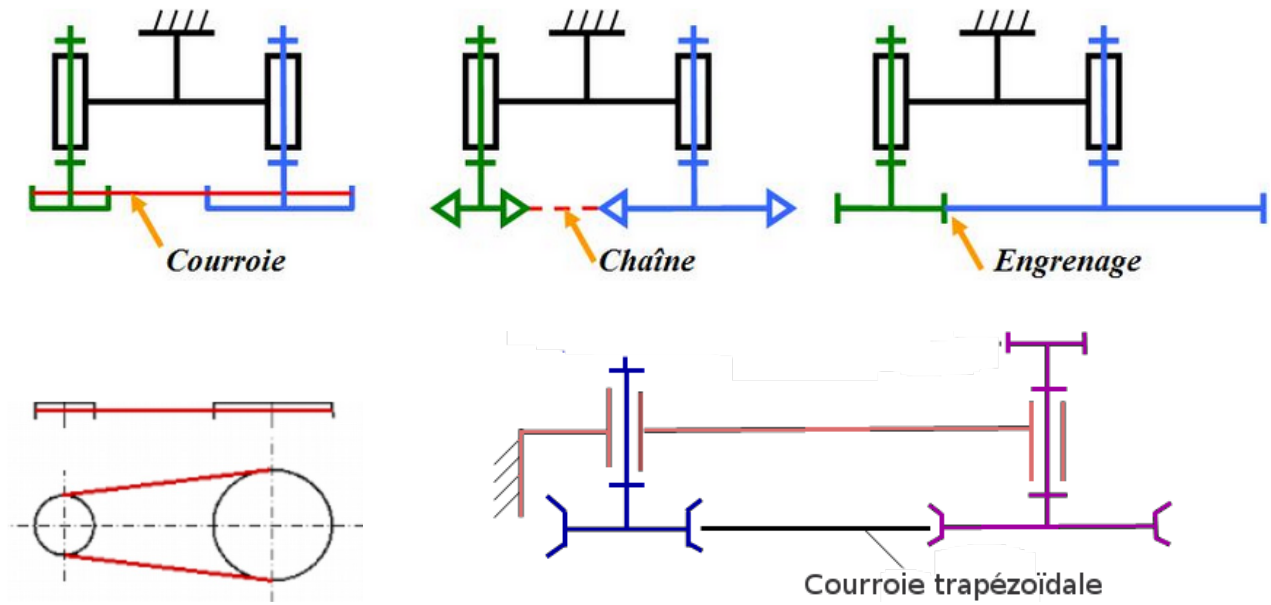
Tableaux des liaisons mécaniques – Degrés de liberté et Torseurs des actions mécaniques transmissibles

Liaisons	Schématisation spatiale R : Repère (A, $\vec{x}$ , $\vec{y}$ , $\vec{z}$ )	Schématisation plane	Degrés de liberté	Torseur des AM transmissibles dans R	TAMT dans le plan (A, $\vec{y}$ , $\vec{z}$ )												
Encastrement			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>ns= 6</p>		T	R	x			y			z			<p>A {   } (R)</p>	<p>A {   } (R)</p>
	T	R															
x																	
y																	
z																	
Pivot d'axe (A, $\vec{x}$ )			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>ns= 5</p>		T	R	x			y			z			<p>A {   } (R)</p>	<p>A {   } (R)</p>
	T	R															
x																	
y																	
z																	
Glissière d'axe (A, $\vec{x}$ )			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>ns= 5</p>		T	R	x			y			z			<p>A {   } (R)</p>	<p>A {   } (R)</p>
	T	R															
x																	
y																	
z																	
Hélicoïdale d'axe (A, $\vec{x}$ )			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>ns= 5</p>		T	R	x			y			z			<p>A {   } (R)</p>	<p>A {   } (R)</p>
	T	R															
x																	
y																	
z																	

Pivot glissant d'axe $(A, \vec{x})$			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 4</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 4			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 4																				
Appui plan de normale $(A, \vec{z})$			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 3</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 3			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 3																				
Rotule de centre A			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 3</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 3			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 3																				
Linéaire rectiligne de normale $(A, \vec{z})$ , de droite de contact $(A, \vec{x})$			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 2</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 2			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 2																				
Linéaire annulaire d'axe $(A, \vec{x})$			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 2</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 2			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 2																				
Ponctuelle de normale $(A, \vec{z})$			<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>T</td><td>R</td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">ns= 1</td></tr> </table>		T	R	x			y			z			ns= 1			$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\} (R)$	$A \left\{ \begin{array}{l}   \\   \\   \end{array} \right\}$
	T	R																		
x																				
y																				
z																				
ns= 1																				



Exemple de schémas cinématique (utilisant les liaisons mécaniques ci-dessus)



Mécanisme Bielle-manivelle

