

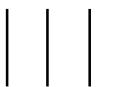
Construction d'un schéma cinématique

Jérôme Fauré
Département de Génie Mécanique
INSA TOULOUSE



Le schéma cinématique est un schéma qui permet de décrire les mouvements d'un mécanisme.

On utilise des symboles normalisés pour décrire ces mouvements.



Les étapes de construction d'un schéma cinématique

Etape 1: Création de sous ensemble de même mobilité - **les Classes d'équivalence** -

Etape 2: Recherche des mobilités entre les classes d'équivalences - **Les liaisons**

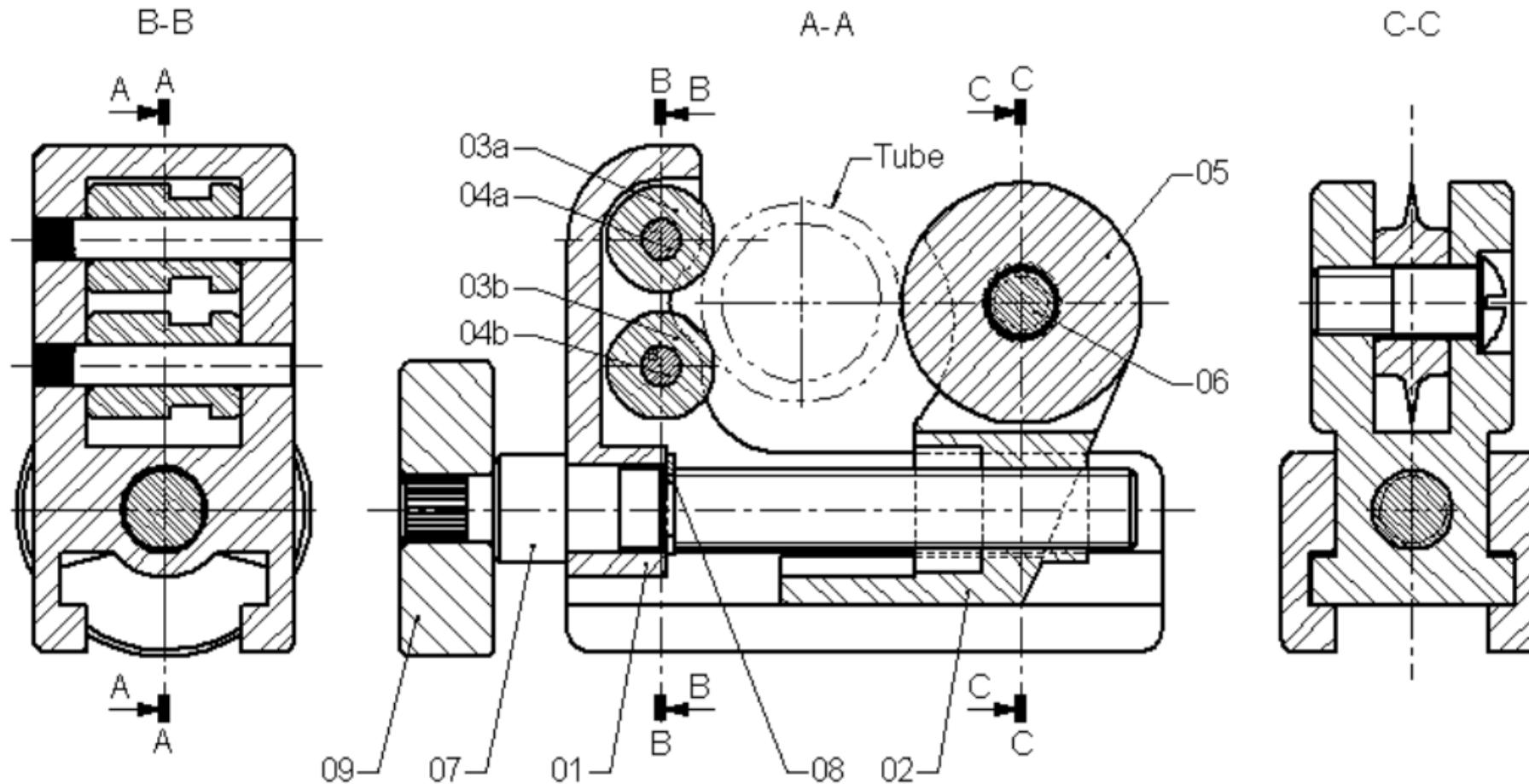
Etape 3: Réalisation du **schéma cinématique** en prenant en compte la géométrie du mécanisme.



Présentation des trois étapes à partir de l'exemple d'un mini coupe tube.

On peut réaliser un schéma cinématique à partir du mécanisme réel (méthode 1) ou à partir du dessin de d'ensemble (méthode 2).

Dessin d'ensemble du coupe tube.



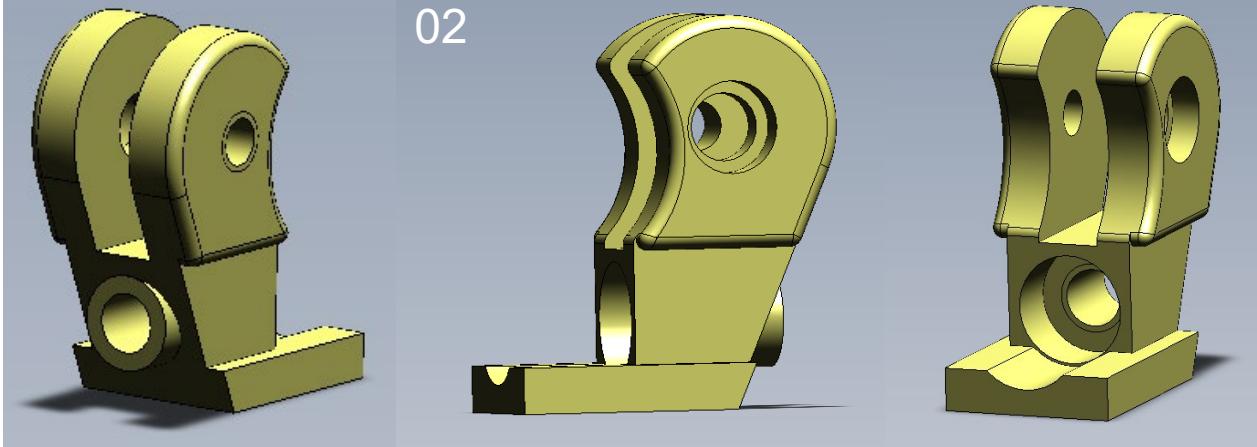
09	Bouton de manœuvre
08	Anneau élastique
07	Axe de manœuvre
06	Axe de la molette
05	Molette
04b	Axe de rouleau
04a	Axe de rouleau
03b	Rouleau
03a	Rouleau
02	Coulisseau
01	Corps
Nomenclature	

Mini coupe tube

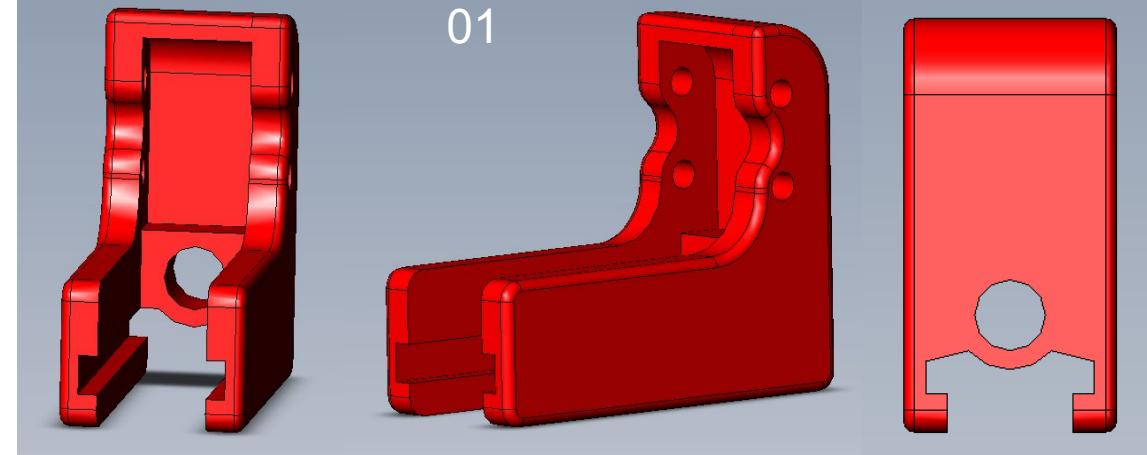
Auteurs : M. Picard & J. Fauré – INSA TOULOUSE



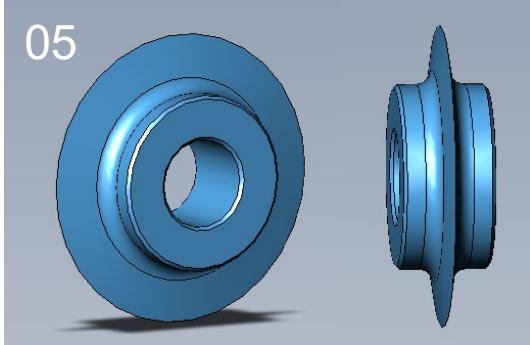
02



01



05

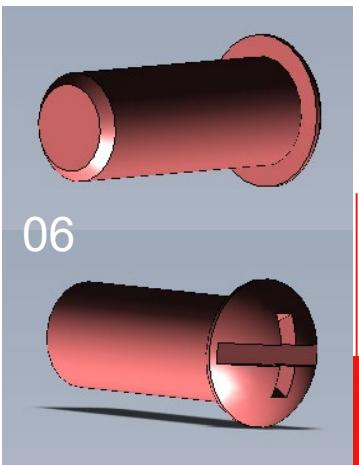
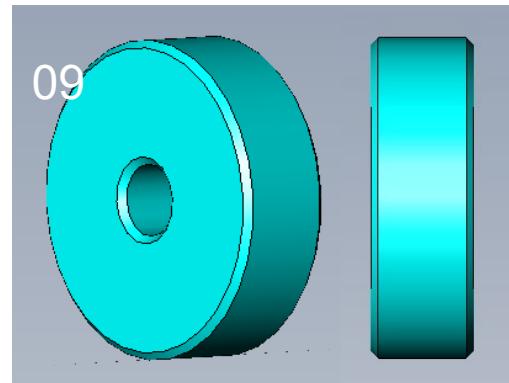
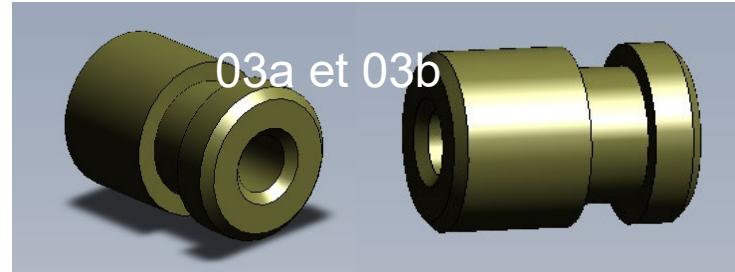
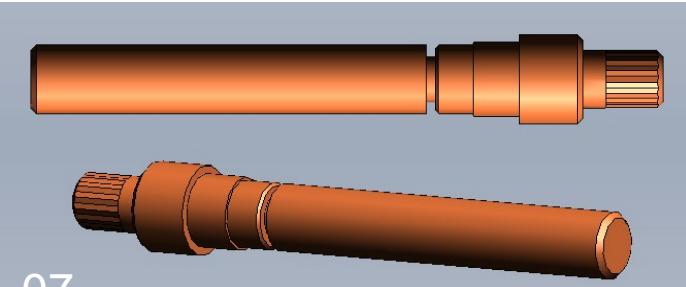


04a et 04b



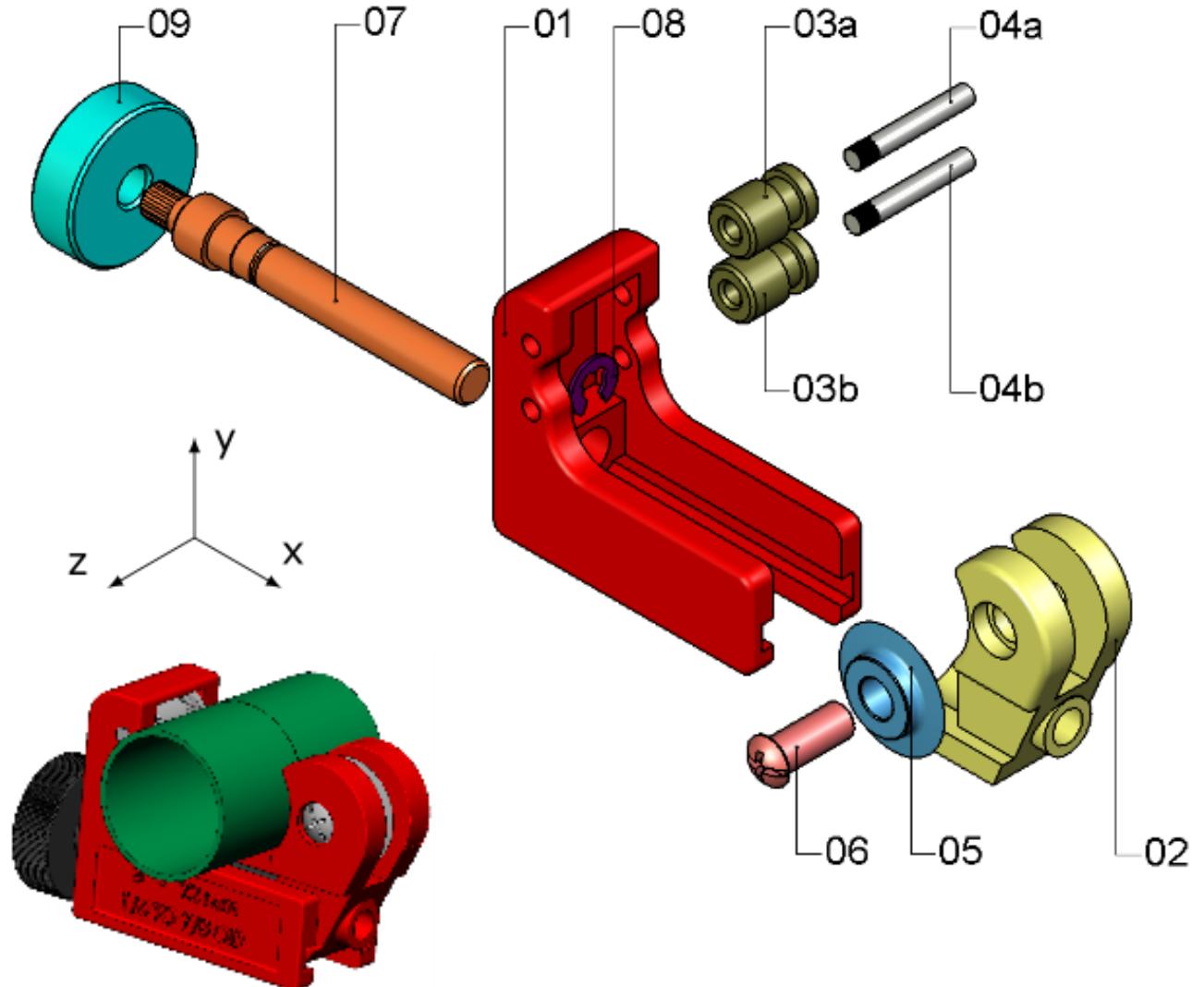
Formes des Pièces

5
Auteurs : M. Picard & J. Fauré – INSA TOULOUSE





Vue éclatée du coupe tube.



Description du fonctionnement:

- Le tube à découper est mis en contact avec les deux rouleaux pour avoir une découpe perpendiculaire à l'axe du tube.
- En actionnant le bouton de manœuvre (rotation) on vient mettre la molette (tranchante) en contact avec le tube, on serre le bouton de manœuvre pour que le tranchant de la molette pénètre dans le tube.
- La rotation du coupe tube autour du tube permet de réaliser un sillon sur le tube.
- En resserrant progressivement la molette on augmente la profondeur du sillon jusqu'à couper le tube.





Etape 1: Recherche des Classes d'équivalence.

Méthode 1: à partir de l'observation du mécanisme en fonctionnement.

Vidéo du coupe tube



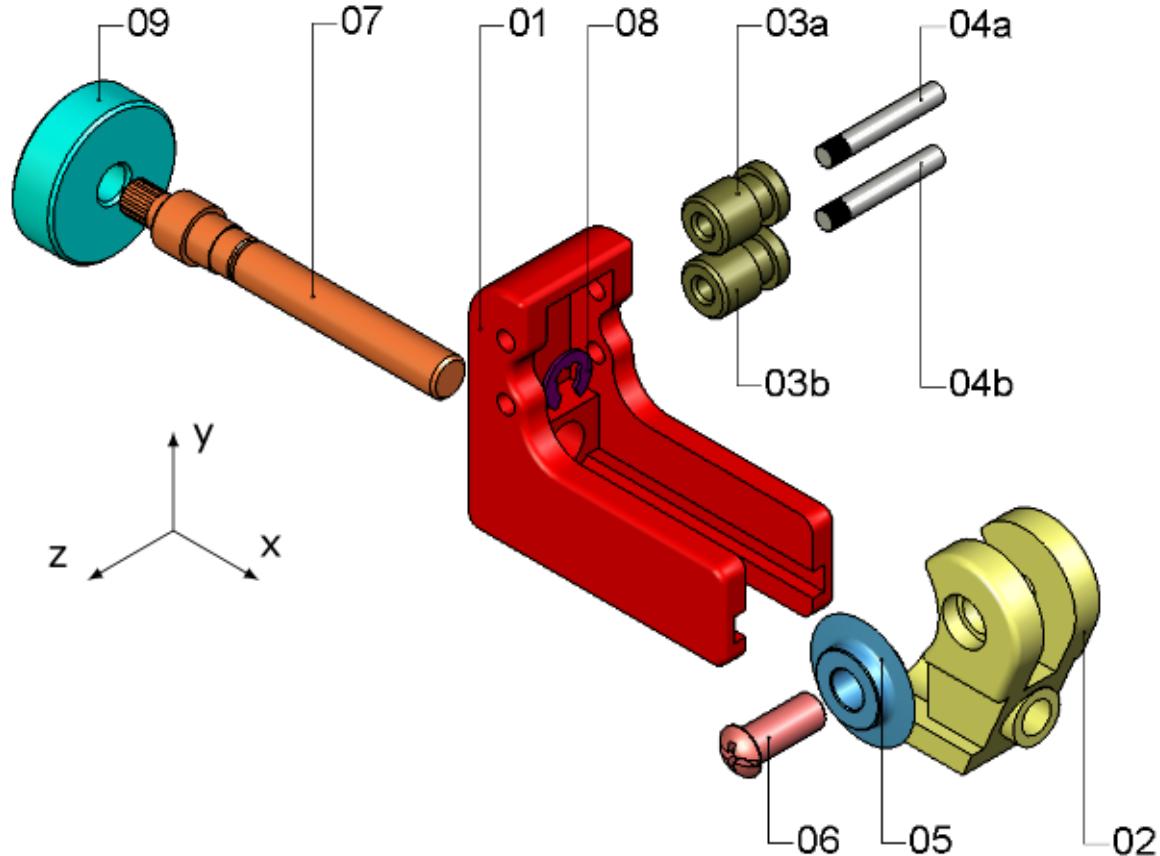
Description du fonctionnement:

- Le tube à découper est mis en contact avec les deux rouleaux pour avoir une découpe perpendiculaire à l'axe du tube.
- En actionnant le bouton de manœuvre (rotation) on vient mettre la molette (tranchante) en contact avec le tube, on serre le bouton de manœuvre pour que le tranchant de la molette pénètre dans le tube.
- La rotation du coupe tube autour du tube permet de réaliser un sillon sur le tube.
- En resserrant progressivement la molette on augmente la profondeur du sillon jusqu'à couper le tube.



Etape 1: Recherche des Classes d'équivalence.

Méthode 1: à partir de l'observation du mécanisme en fonctionnement.



On constate les mobilités suivantes:

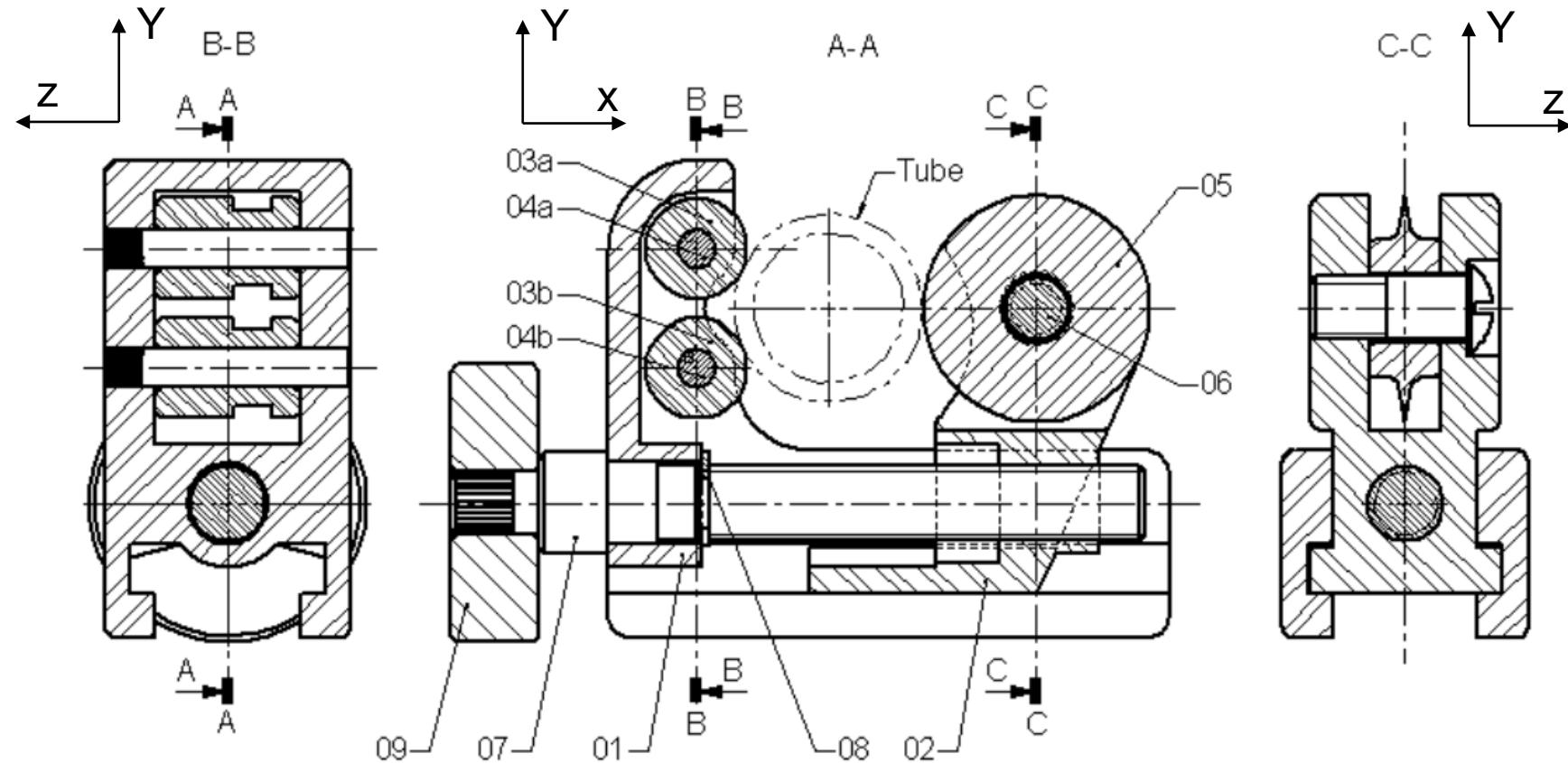
- 09, 07 et 08 tournent ensemble autour de l'axe x.
- 02 et 06 se déplacent en translation suivant l'axe x.
- 05 tourne suivant un axe z.
- 03a tourne suivant un axe z.
- 03b tourne suivant un axe z.
- 01, 04a, 04b, sont fixes.

Chaque mobilité correspond à une classe d'équivalence.



Etape 1: Recherche des Classes d'équivalence.

Méthode 2: à partir de l'observation du dessin de d'ensemble et de la description du fonctionnement



La description du mécanisme nous indique que la rotation du bouton 09 entraîne la translation de 02 qui entraîne à son tour le déplacement de la molette 05 contre le tube.

La rotation du mécanisme autour du tube entraîne la rotation des pièces 05, 03a, 03b suivant l'axe Z.

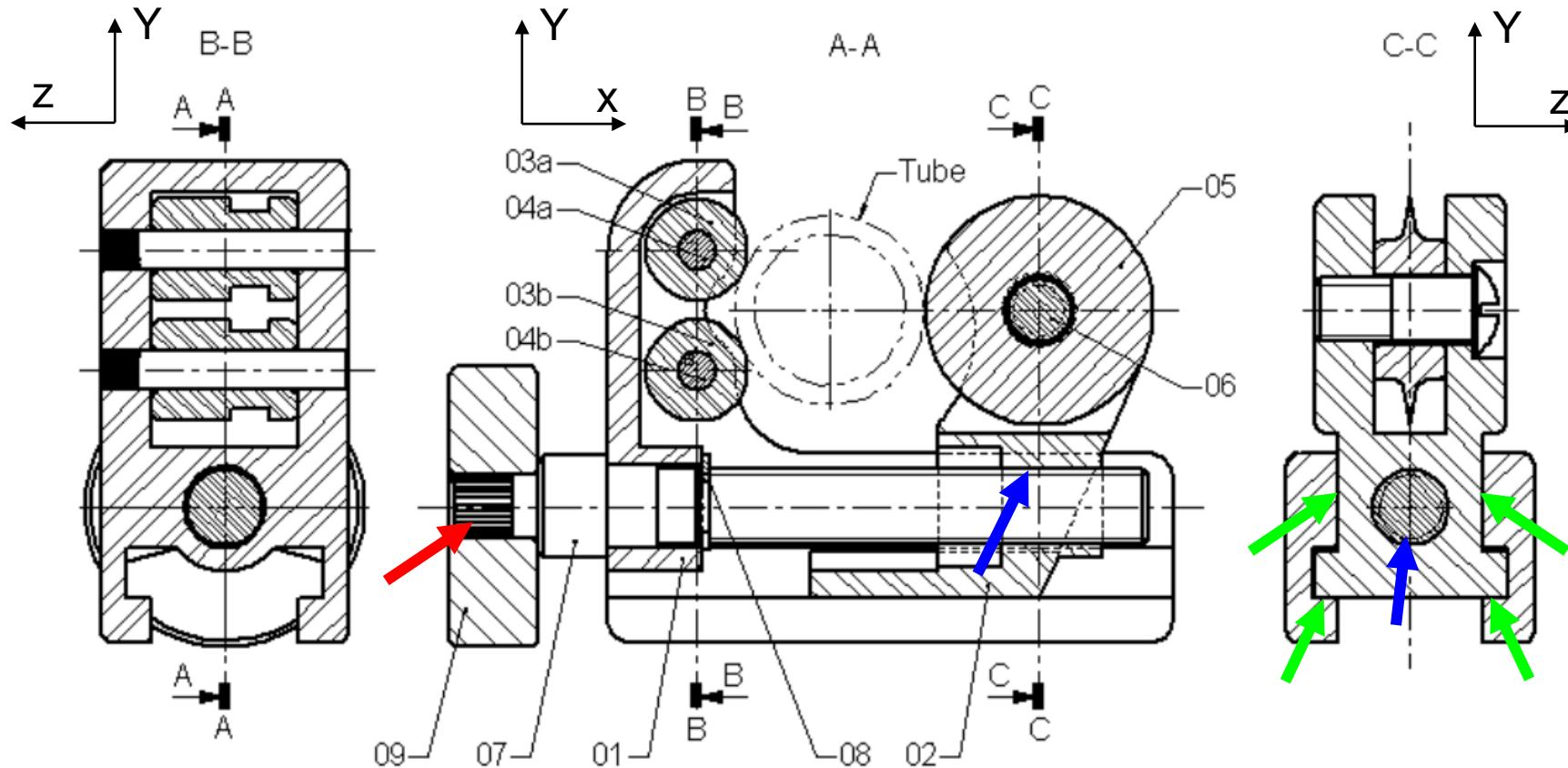
Pour faire l'inventaire des classes d'équivalence **on observe toutes les pièces en contact**. Si pendant le fonctionnement il y a mouvement entre les deux pièces elles ne sont pas dans la même classe d'équivalence, si il n'y a pas de mouvement elles sont dans la même CE.

Deux conditions pour que deux pièces soient dans la même CE:

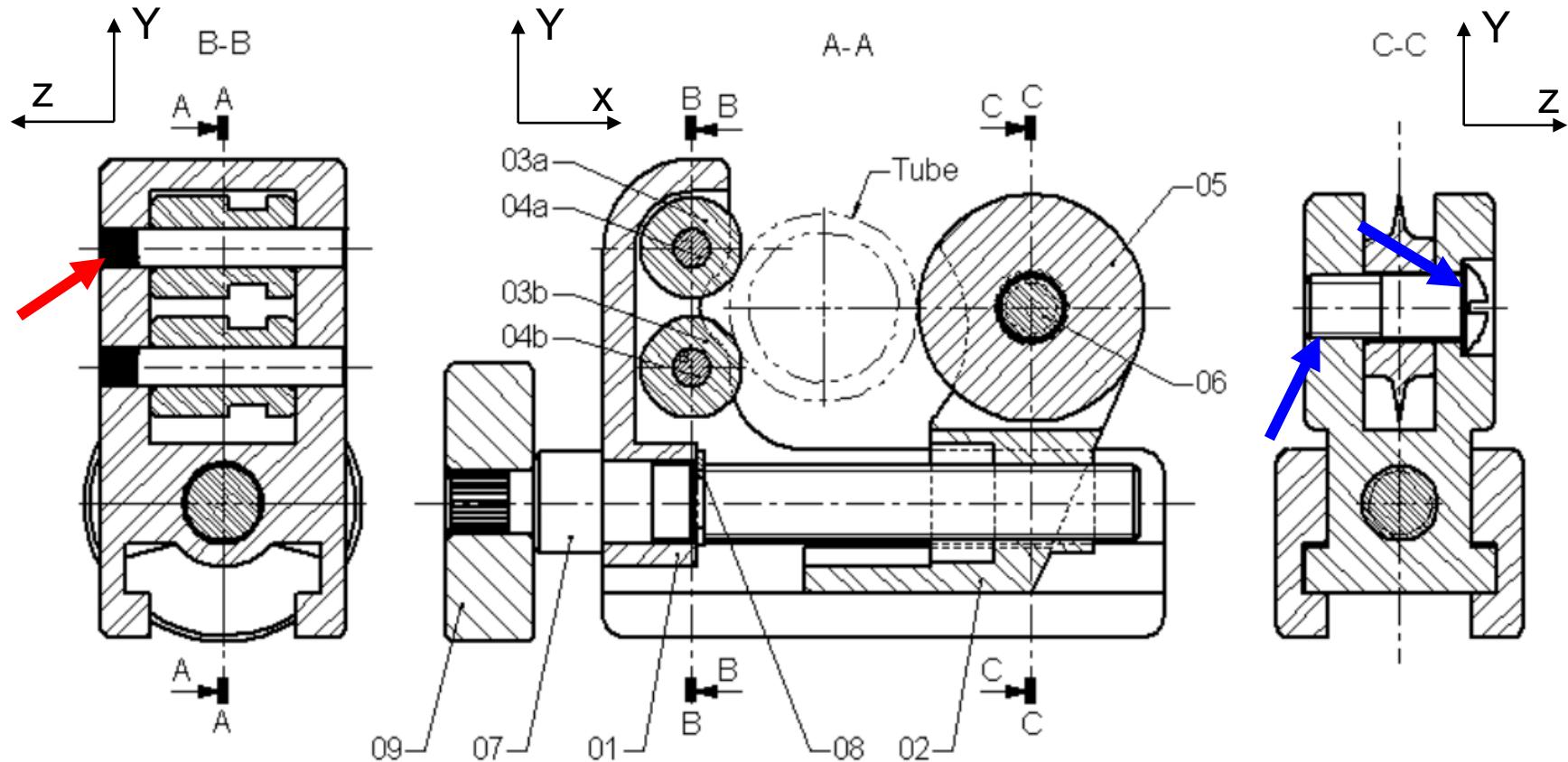
- **Les pièces sont en contact.**
- **Il n'y a pas de mouvement d'une pièce par rapport à l'autre.**

CE = Contact + Pas de mouvement relatif

	Inventaire des Classes d'Equivalence										
	01	02	03a	03b	04a	04b	05	06	07	08	09
01											
02											
03a											
03b											
04a											
04b											
05											
06											
07											
08											
09											



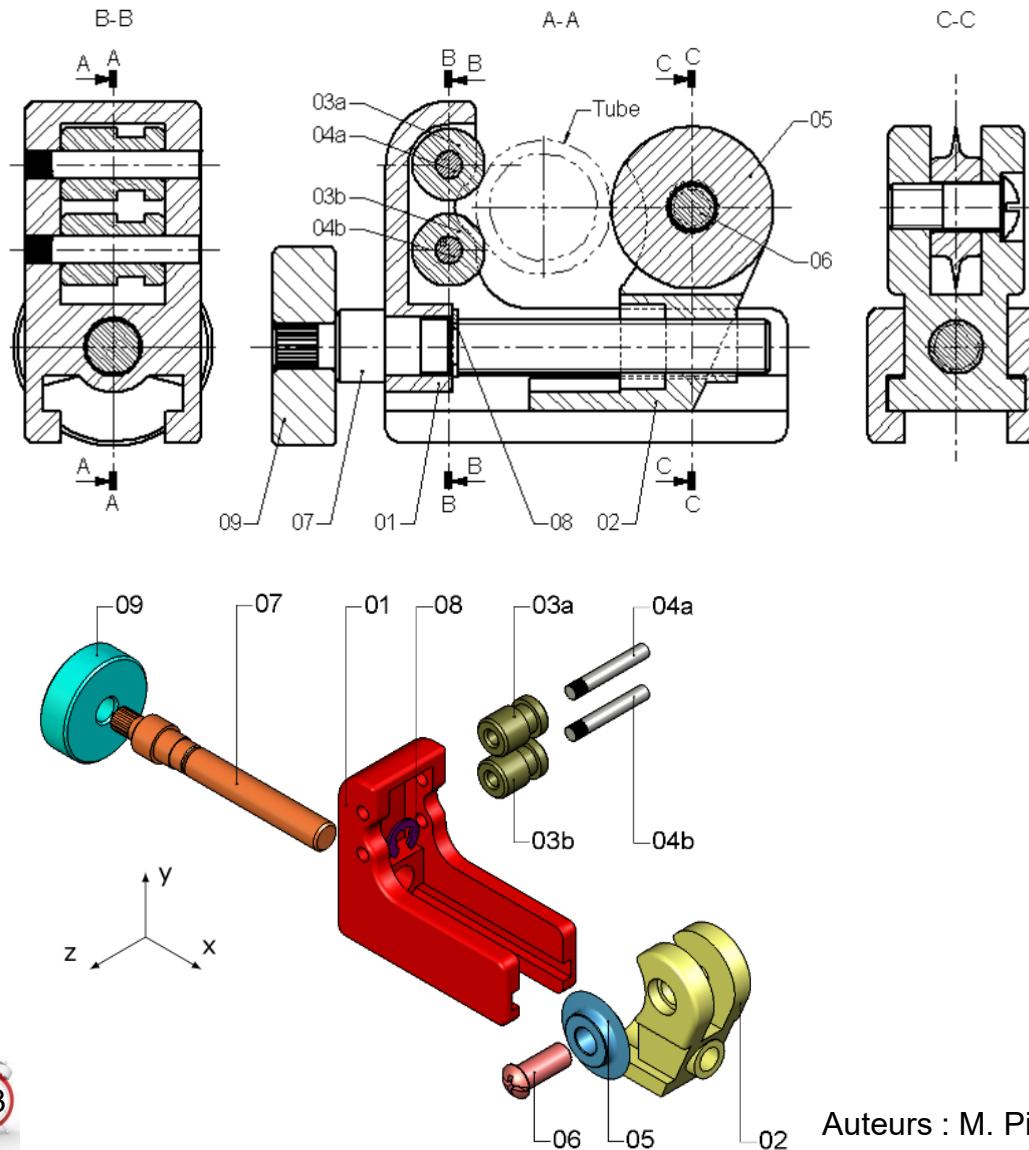
- La molette 09 est en contact avec l'axe 07, on observe sur le dessin des stries entre les deux pièces → qui solidarisent les deux ensemble : 09 et 07 forment une classe d'équivalence.
- L'axe 07 est en contact avec le coulisseau 02, on observe sur le dessin → deux traits en parallèle, un fort et un fin, c'est un filetage: 07 et 02 ne sont pas dans la même classe d'équivalence.
- Le corps 01 est en contact avec le coulisseau 02, leurs surfaces de contact sont → deux plans verticaux et un plan horizontal, ces trois surfaces de contact permettent la translation suivant l'axe x. 01 et 02 ne sont pas dans la même classe d'équivalence.



- L'axe de rouleau 04a est en contact avec le corps 01, on observe sur le dessin des stries → entre les deux pièces qui solidarisent les deux pièces : **04a et 01 forment une classe d'équivalence**.
- La vis 06 est en contact avec le corps 01, le filetage (deux traits parallèles) → et l'appui de la tête de la vis → immobilise la vis 06 sur le corps 01: **01 et 06 forment une classe d'équivalence**.



Pour faire l'inventaire des classes d'équivalence, on observe toutes les pièces en contact. Si pendant le fonctionnement, il y a mouvement entre les deux pièces, elles ne sont pas dans la même classe d'équivalence, si il n'y a pas de mouvement elles sont dans la même CE.



Inventaire des Classes d'Équivalence											
	01	02	03a	03b	04a	04b	05	06	07	08	09
01					CE	CE					
02										CE	
03a											
03b											
04a	CE										
04b	CE										
05											
06		CE									
07										CE	CE
08										CE	
09										CE	

CE = Contact + Pas de mouvement relatif

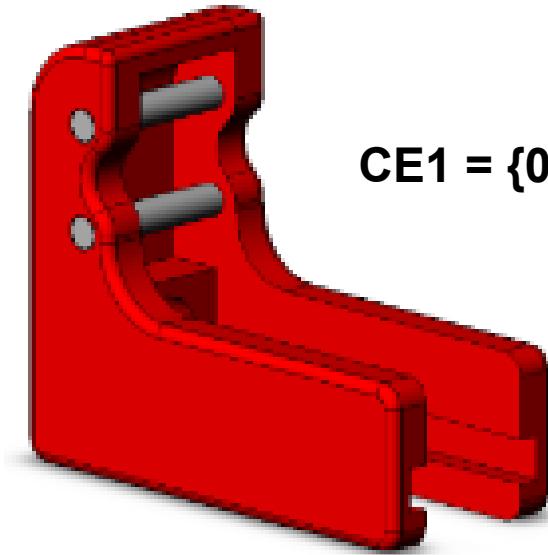


Les Classes d'Equivalences

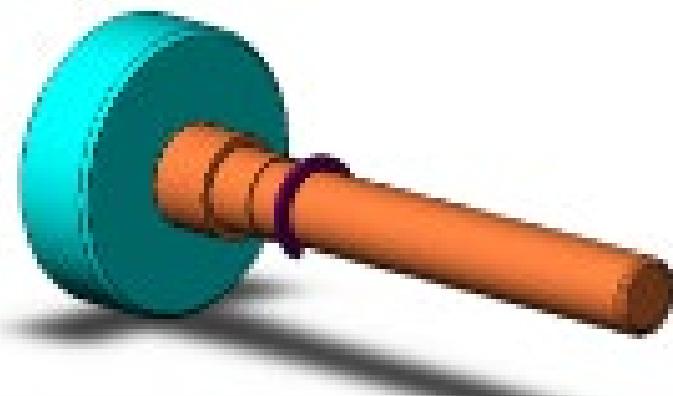
CE5 = {05}



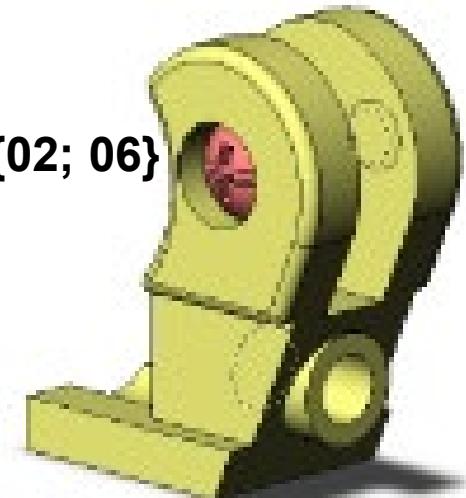
CE1 = {01; 04a; 04b}



CE6 = {07; 08; 09}



CE2 = {02; 06}



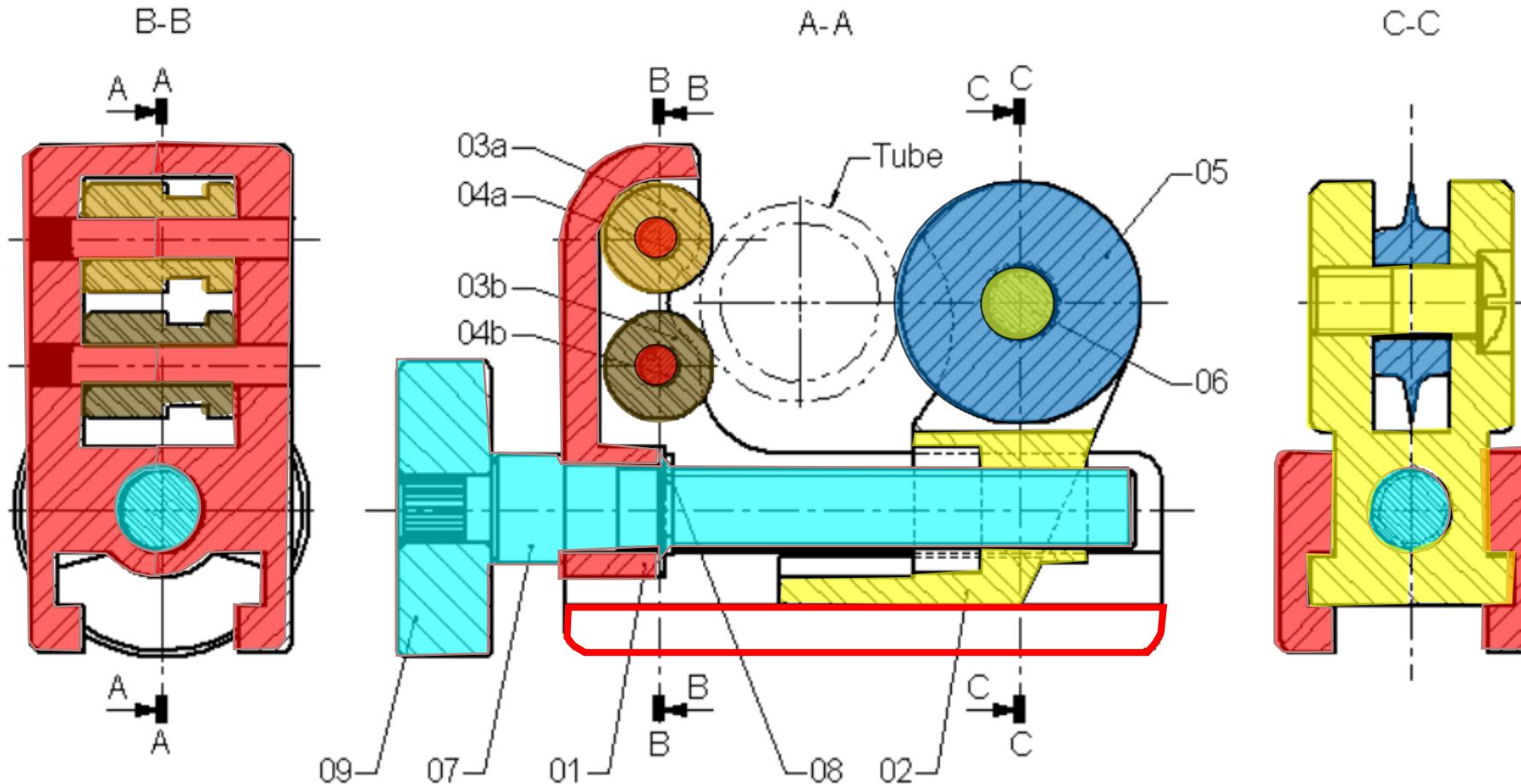
CE3 = {03a}



CE4 = {03b}



Pour améliorer l'identification des Classes d'Equivalence il est conseillé de colorier le dessin d'ensemble (une couleur par CE).



Etape 2: Recherche des mobilités entre les classes d'équivalences - Les liaisons

Une liaison représente les possibilités de mouvement entre deux classes d'équivalence mécanisme démonté.

Deux possibilités pour rechercher les liaisons:

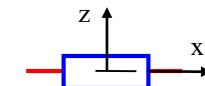
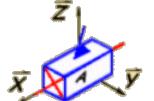
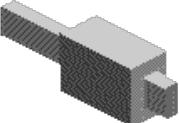
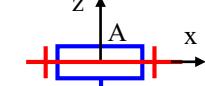
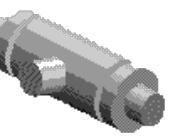
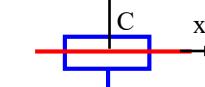
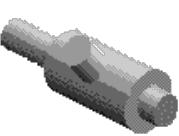
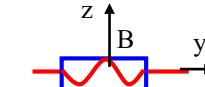
- **Méthode 1:** on possède le mécanisme. On recherche les mouvements entre chaque CE démontée et regroupée deux à deux.
- **Méthode 2:** on possède le plan du mécanisme. C'est l'analyse des surfaces de contact entre deux CE qui permet de définir les possibilités de mouvement.

Inventaire des liaisons						
	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6
CE1		L	L	L	-	L
CE2			-	-	L	L
CE3				-	-	-
CE4					-	-
CE5						-
CE6						

L	Contact entre les 2 CE	Liaison
-	Pas de contact entre les 2 CE	Pas de liaison



2a- Les mouvements entre les classes d'équivalences sont représentés par les symboles cinématiques qui sont normalisés.

Liaison	Représentation plane	Perspective	Degré de liberté	Mobilités
<i>GLISSEIERE de direction \vec{x}</i>	 		Tx	
<i>PIVOT d'axe $(A \vec{x})$</i>	 <i>ou</i> 		Rx	
<i>PIVOT GLISSANT d'axe $(C \vec{x})$</i>	 <i>ou</i> 		Tx Rx	
<i>HELICOIDALE d'axe $(B \vec{y})$</i>			Ty Ry	

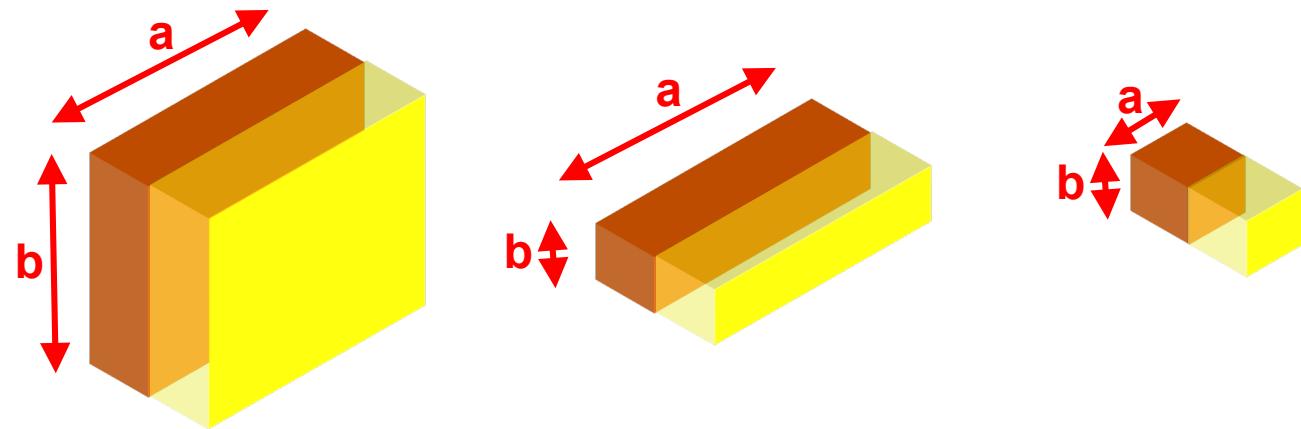
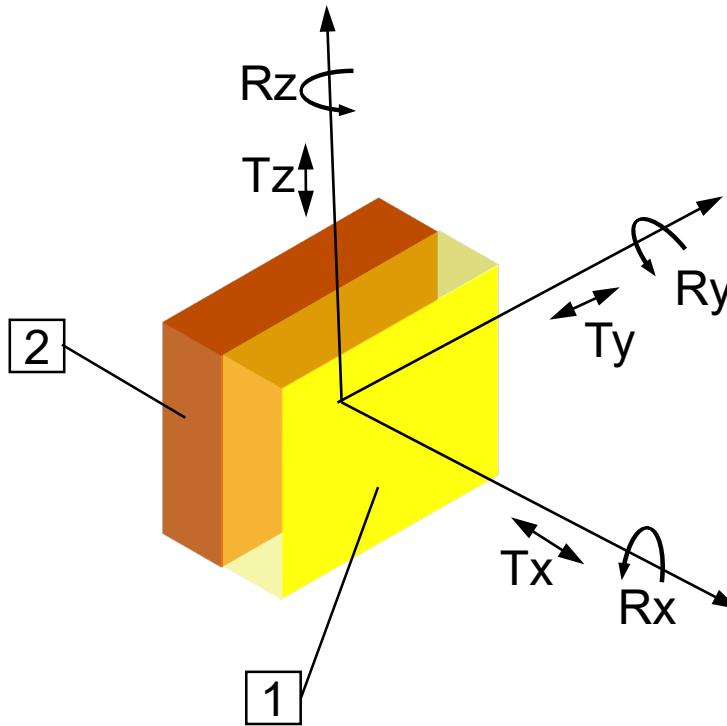


Liaison	Représentation plane		Perspective	Degré de liberté	Mobilités
<i>APPUI PLAN de direction (normale) z</i>				Tx	
				Ty	
				Rz	
<i>ROTULE de centre O</i>				Rx	
				Ry	
				Rz	
<i>SPHERIQUE A DOIGT de centre O et d'axe z-bar</i>				Rx	
				Ry	
<i>LINEAIRE ANNULAIRE de centre O d'axe (B x)</i>				Tx	
				Ry	
				Rz	
<i>LINEAIRE RECTILIGNE d'axe (C y)</i>				Tx	
				Ty	
				Rz	
<i>PONCTUELLE de centre O et de normale z-bar</i>				Tx	
				Ty	
				Rz	



2b-Taille de la surface de contact et choix de la liaison:

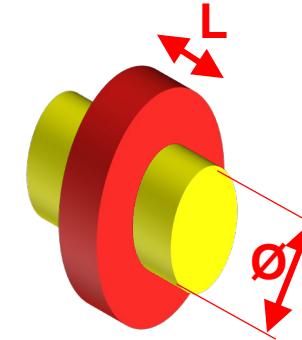
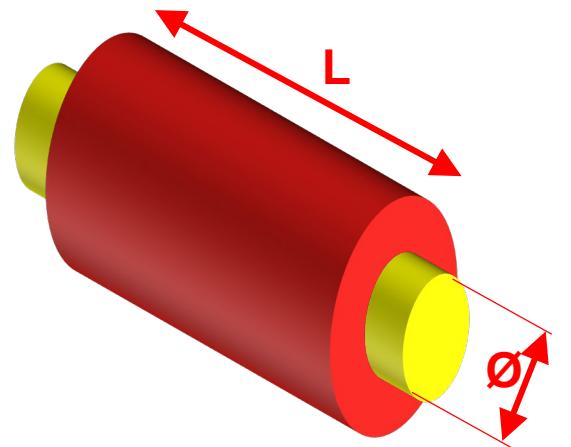
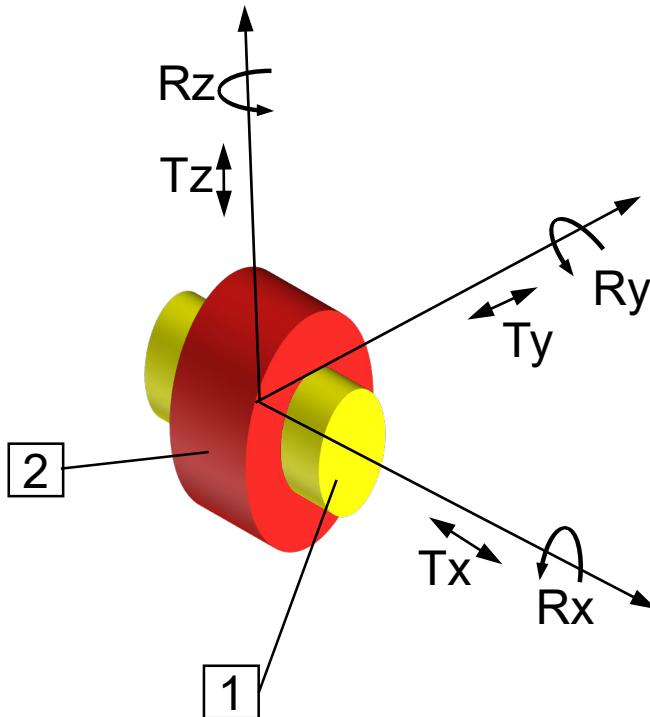
Les deux pièces (1) et (2) ont une surface de contact plane:



a	b	T_x	T_y	T_z	R_x	R_y	R_z	Liaison
grand	grand			x	x	x		Applui plan
grand	petit			x	x	x	x	Linéaire rectiligne
petit	petit		x	x	x	x	x	Ponctuelle

2b-Taille de la surface de contact et choix de la liaison:

Les deux pièces (1) et (2) ont une surface de contact cylindrique:



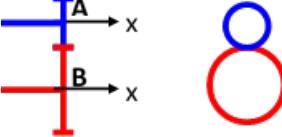
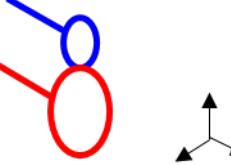
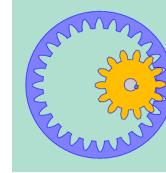
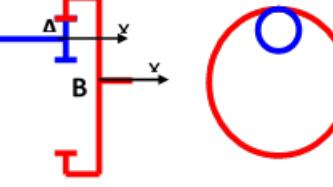
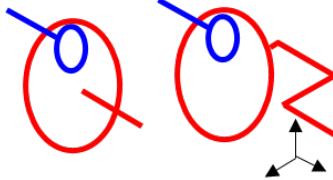
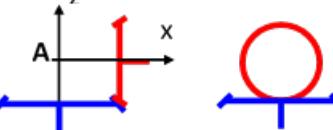
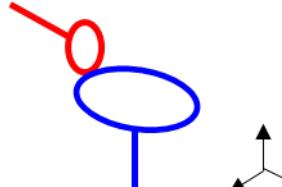
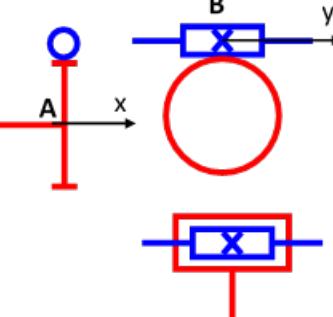
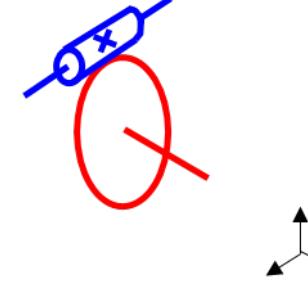
L et \emptyset	T_x	T_y	T_z	R_x	R_y	R_z	Liaison
$L >> \emptyset$	x			x			Pivot glissant
$L << \emptyset$	x			x	x	x	Linéaire annulaire

2c- Modélisation de la transmission de puissance

Lorsque une liaison entre deux classes d'équivalences est utilisée pour modifier les caractéristiques d'un mouvement de rotation (vitesse, couple, axe de rotation) elle devient un système de transmission de puissance (transmission de mouvement).

Pour pouvoir reconnaître facilement les transmissions de mouvement on les représente avec des symboles spécifiques.



Nom de la liaison		Représentation 2D	Représentation 3D	Liaison cinématique associée
ROUES A DENTURE EXTERIEURE d'axes (Ax) et (Bx)				<i>Liaison ponctuelle ou linéaire rectiligne suivant la largeur de la denture</i>
ROUES A DENTURE EXTERIEURE / INTERIEURE d'axes (Ax) et (Bx)				<i>Liaison ponctuelle ou linéaire rectiligne suivant la largeur de la denture</i>
ROUES CONIQUES d'axes (Ax) et (Az)				<i>Liaison ponctuelle ou linéaire rectiligne suivant la largeur de la denture</i>
ROUES ET VIS SANS FIN d'axes (Ax) et (By)				<i>Liaison ponctuelle</i>



Nom de la liaison		Représentation 2D	Représentation 3D	Liaison cinématique associée
PIGNON CREMAILLERE <i>d'axes (Ax) et (By)</i>		 	 	<i>Liaison ponctuelle ou linéaire rectiligne suivant la largeur de la denture.</i>
TRANSMISSION PAR ROUES ET COURROIE <i>d'axes (Ax) et (Bx)</i>		 	 	
TRANSMISSION PAR CHAINE <i>d'axes (Ax) et (Bx)</i>		 	 	

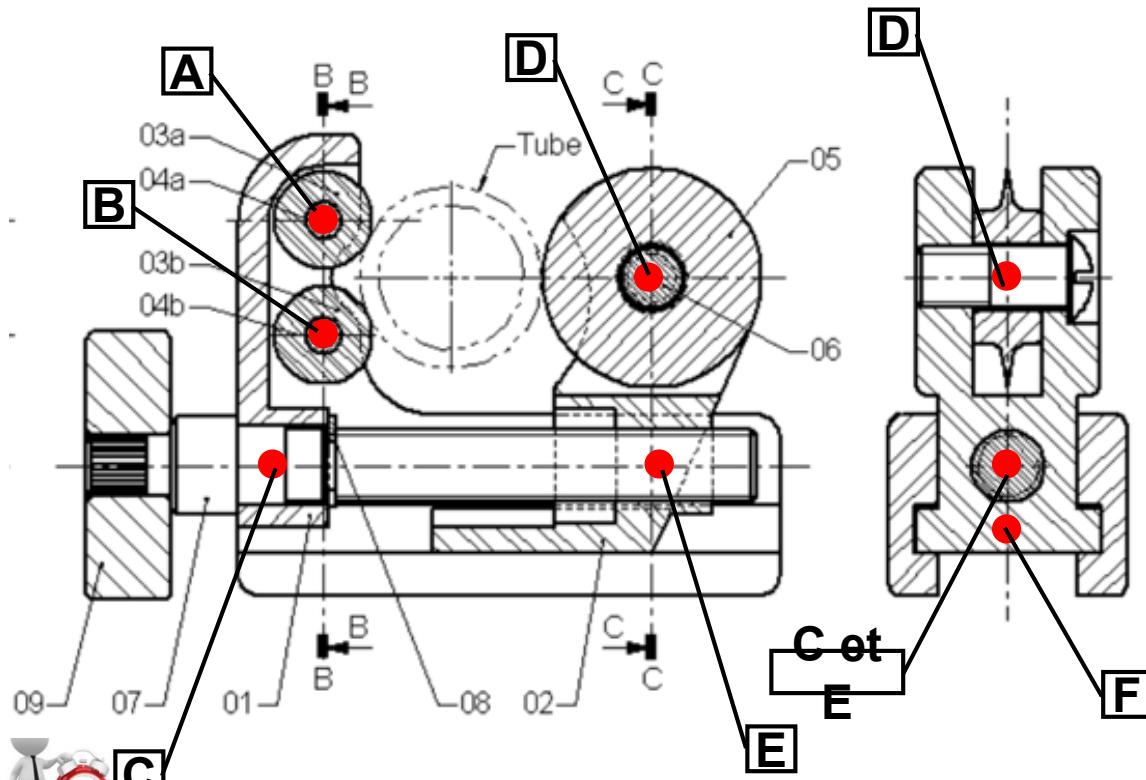


Recherche des liaisons

Méthode 1: à partir de l'observation des mouvements sur le mécanisme démonté.

On respecte la géométrie du mécanisme en définissant pour chaque liaison:

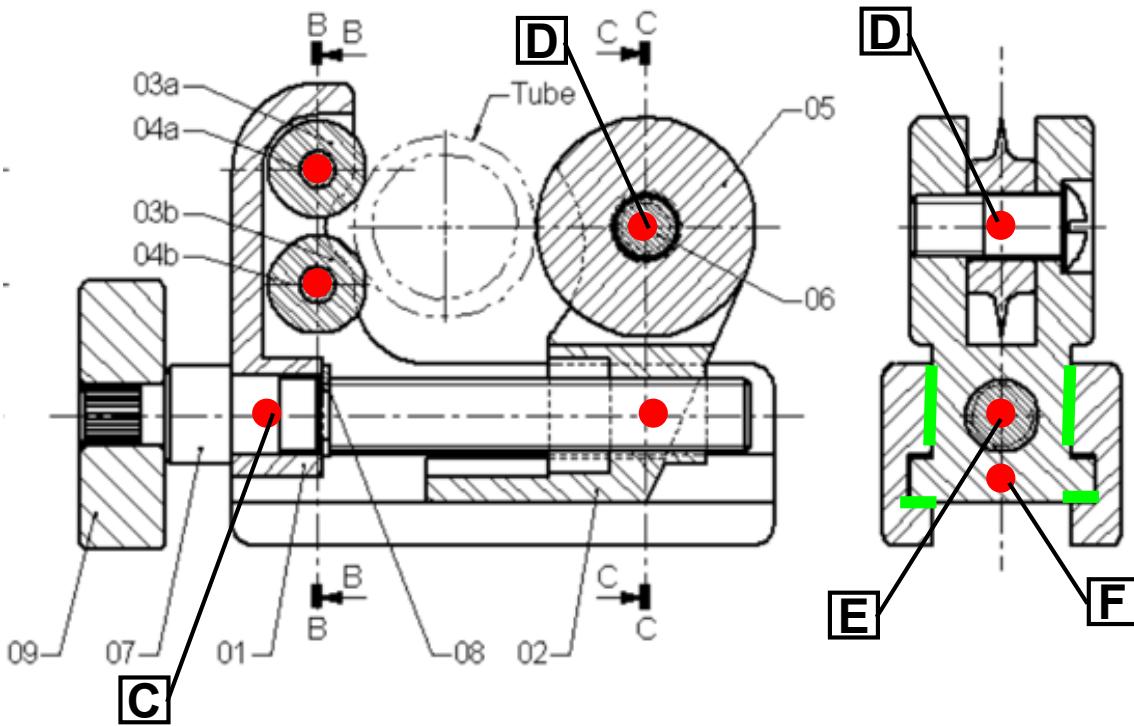
- Un point d'application
- Un ou plusieurs axe (s)



Auteurs : M. Picard & J. Fauré – INSA TOULOUSE

CE			T X	T Y	T Z	R X	R Y	R Z	Liaison
CE 1	CE 2		X						L. Glissière axe Fx
CE 3	CE 1							X	L. Pivot axe Az
CE 4	CE 1							X	L. Pivot axe Bz
CE 6	CE 1						X		L. Pivot axe Cx
CE 5	CE 2							X	L. Pivot axe Dz
CE 6	CE 2		X				X		L. Hélicoïdale axe Ex

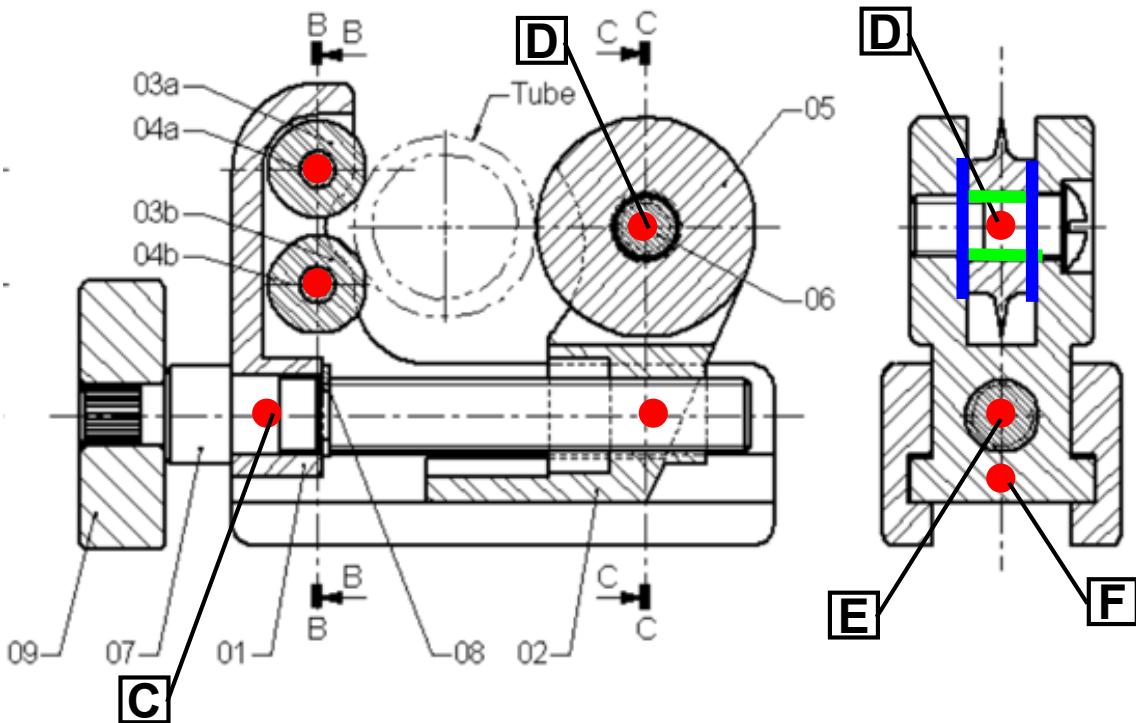
Méthode 2: à partir de l'observation des surfaces de contact entre les deux CE.



Le corps 01 est en contact avec le coulisseau 02, leurs surfaces de contact sont deux plans verticaux et un plan horizontal, ces trois surfaces de contact permettent la translation suivant l'axe Fx. C'est une liaison Glissière d'axe Fx.

CE			T X	T Y	T Z	R X	R Y	R Z	Liaison
CE 1	CE 2		X						L. Glissière axe Fx
CE 3	CE 1							X	L. Pivot axe Az
CE 4	CE 1							X	L. Pivot axe Bz
CE 6	CE 1						X		L. Pivot axe Cx
CE 5	CE 2							X	L. Pivot axe Dz
CE 6	CE 2		X				X		L. Hélicoïdale axe Ex

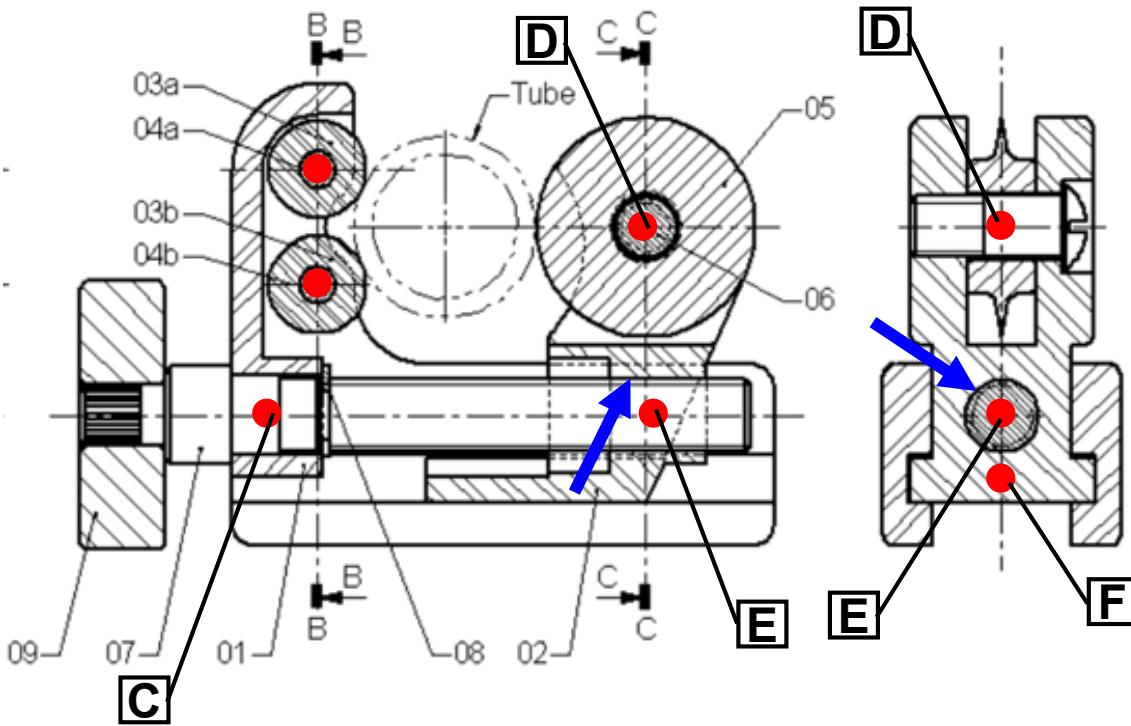
Méthode 2: à partir de l'observation des surfaces de contact entre les deux CE.



Le coulisseau 02 est en contact avec la molette 05, leurs surfaces de contact sont un cylindre horizontal et deux plans verticaux , ces trois surfaces de contact permettent une rotation suivant l'axe Dz. C'est une liaison Pivot d'axe Dz.

CE			T X	T Y	T Z	R X	R Y	R Z	Liaison
CE 1	CE 2		X						L. Glissière axe Fx
CE 3	CE 1							X	L. Pivot axe Az
CE 4	CE 1							X	L. Pivot axe Bz
CE 6	CE 1						X		L. Pivot axe Cx
CE 5	CE 2							X	L. Pivot axe Dz
CE 6	CE 2		X				X		L. Hélicoïdale axe Ex

Méthode 2: à partir de l'observation des surfaces de contact entre les deux CE.

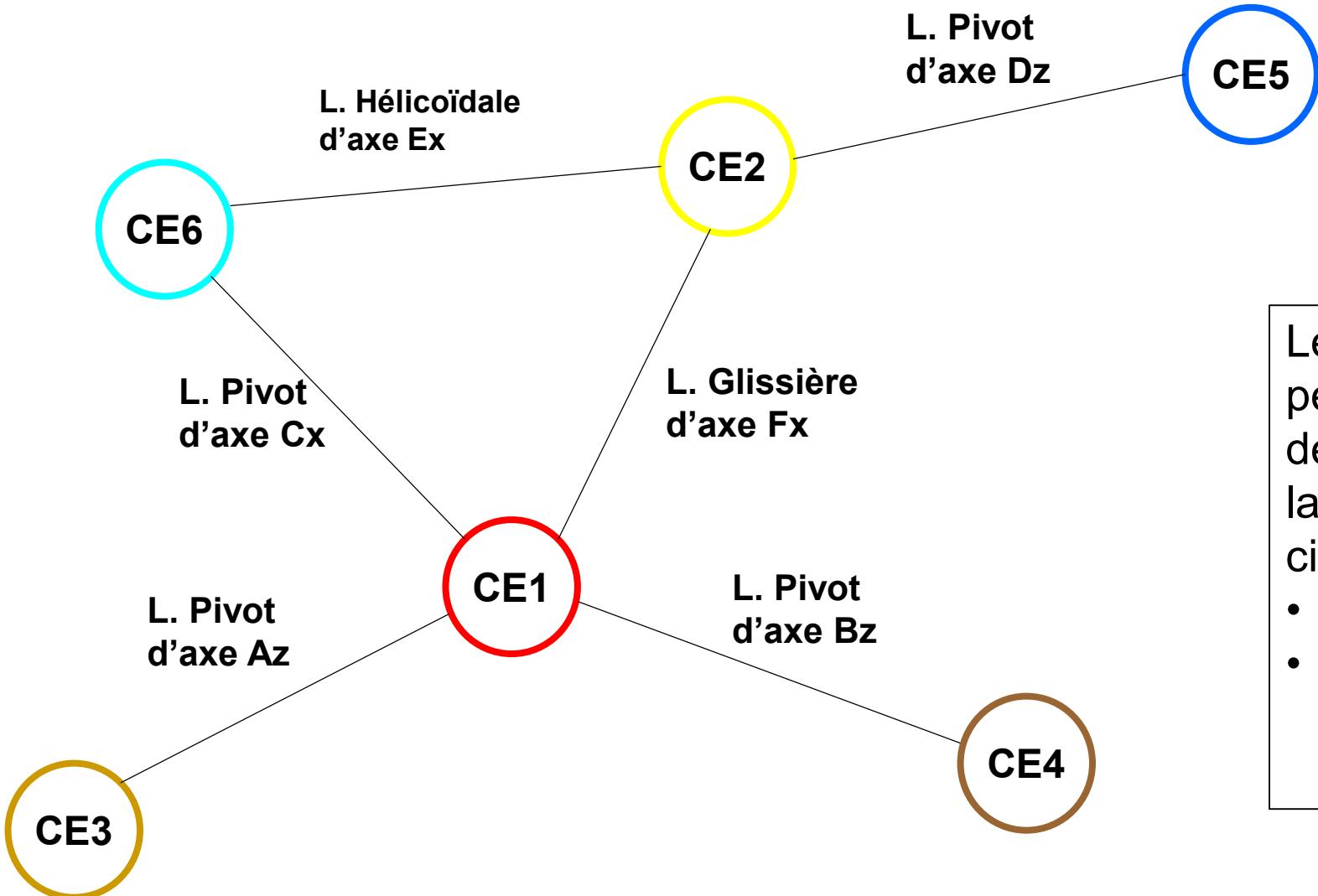


L'axe 07 est en contact avec le coulisseau 02, on observe sur le dessin que la surface de contact → est représenté par deux traits (un fort + un fin), ces deux traits représente un filetage: c'est une liaison hélicoïdale d'axe Ex.

CE			T X	T Y	T Z	R X	R Y	R Z	Liaison
CE 1	CE 2		X						L. Glissière axe Fx
CE 3	CE 1							X	L. Pivot axe Az
CE 4	CE 1							X	L. Pivot axe Bz
CE 6	CE 1						X		L. Pivot axe Cx
CE 5	CE 2							X	L. Pivot axe Dz
CE 6	CE 2		X				X		L. Hélicoïdale axe Ex



Graphe des liaisons



Le graphe des liaisons permet de faire l'inventaire de tous les éléments utile à la réalisation du schéma cinématique :

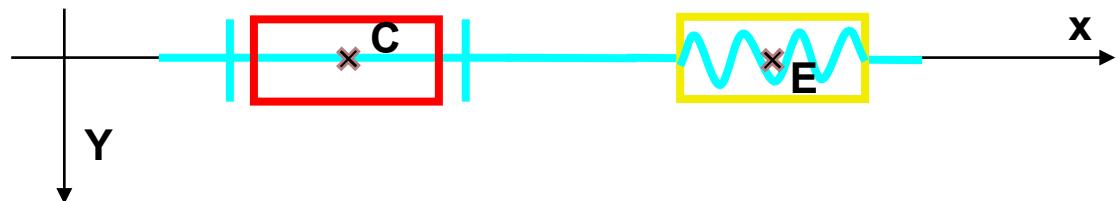
- Classes d'équivalence.
- Liaisons avec point d'application et orientation.



Etape 3 : Réalisation du schéma cinématique en prenant en compte la géométrie du mécanisme – Représentation 2D

Je commence à placer les liaisons où il y a le plus de contraintes géométriques.

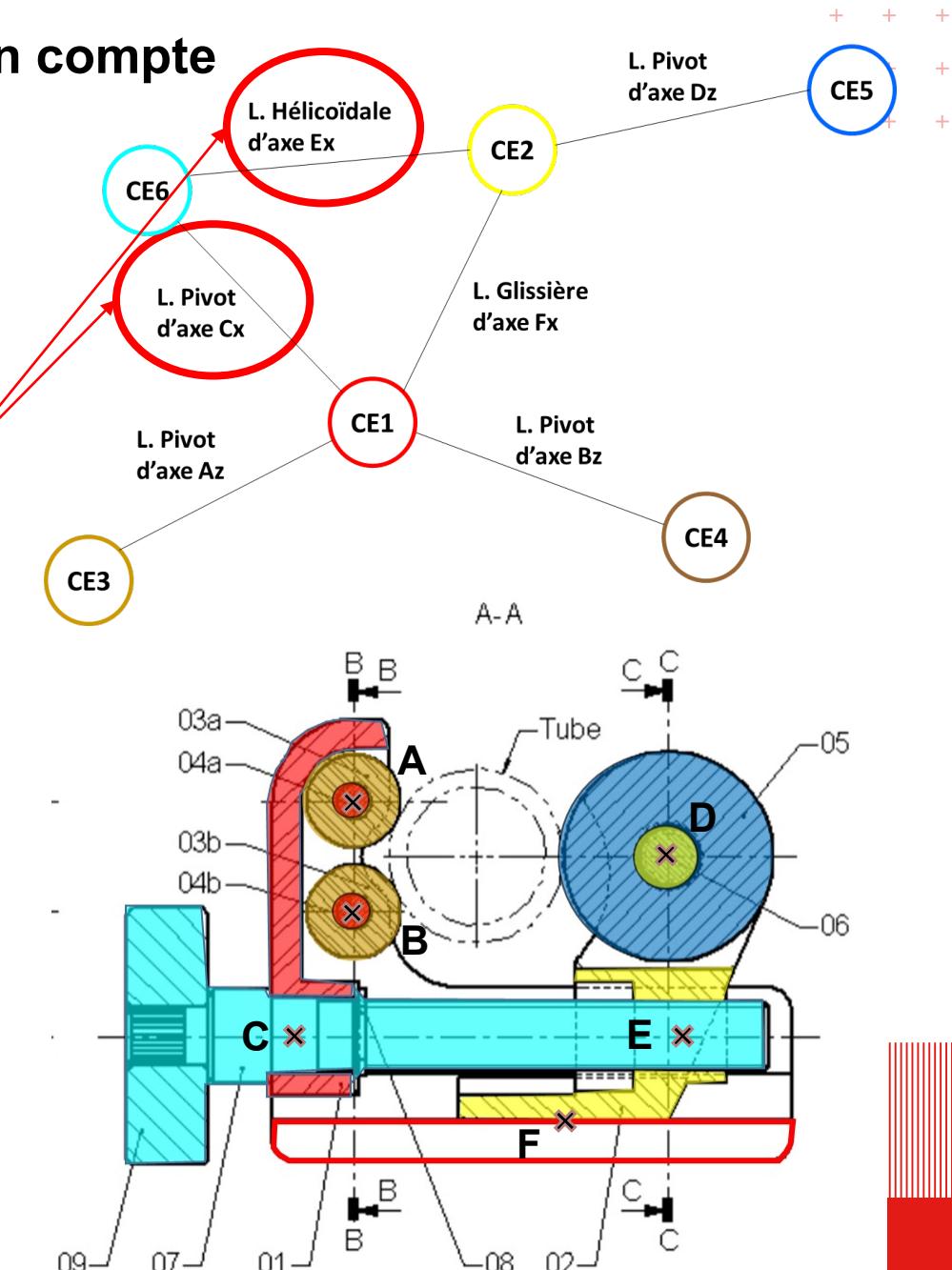
Ces deux liaisons sont sur le même axe, elle doivent donc être alignées sur l'axe x du schéma cinématique.



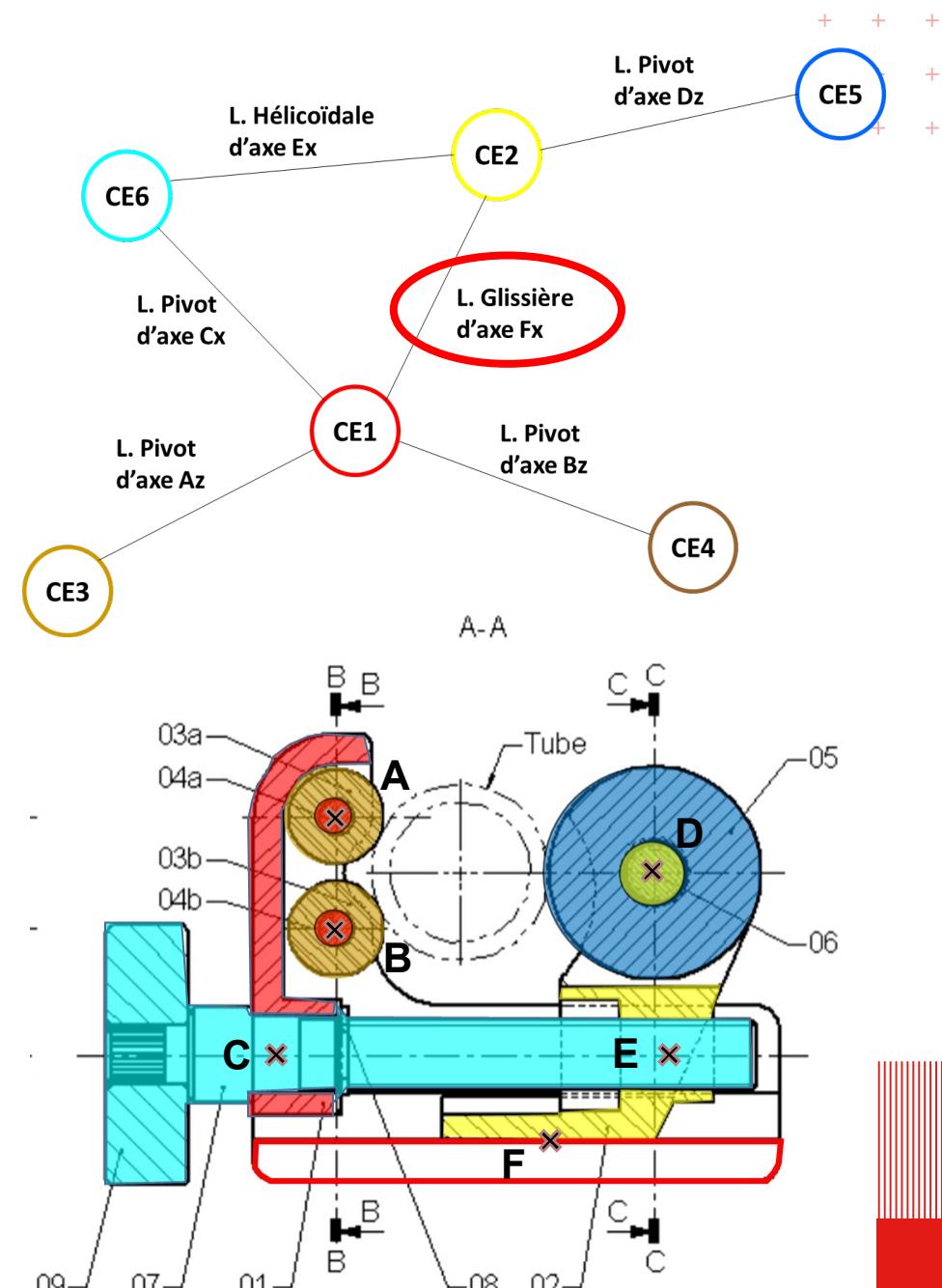
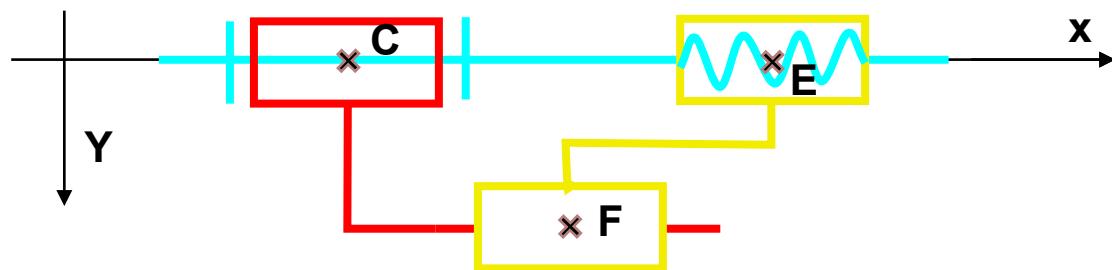
Les étapes:

On met en place les liaisons en respectant la position (C et E) et l'orientation (axe x).

On relie les traits d'une même classe d'équivalence (même couleur).



On poursuit pour chaque liaison:
 On met en place la liaison .
 On relie les traits d'une même classe d'équivalence.



On poursuit pour chaque liaison:
 On met en place la liaison .
 On relie les traits d'une même classe d'équivalence.

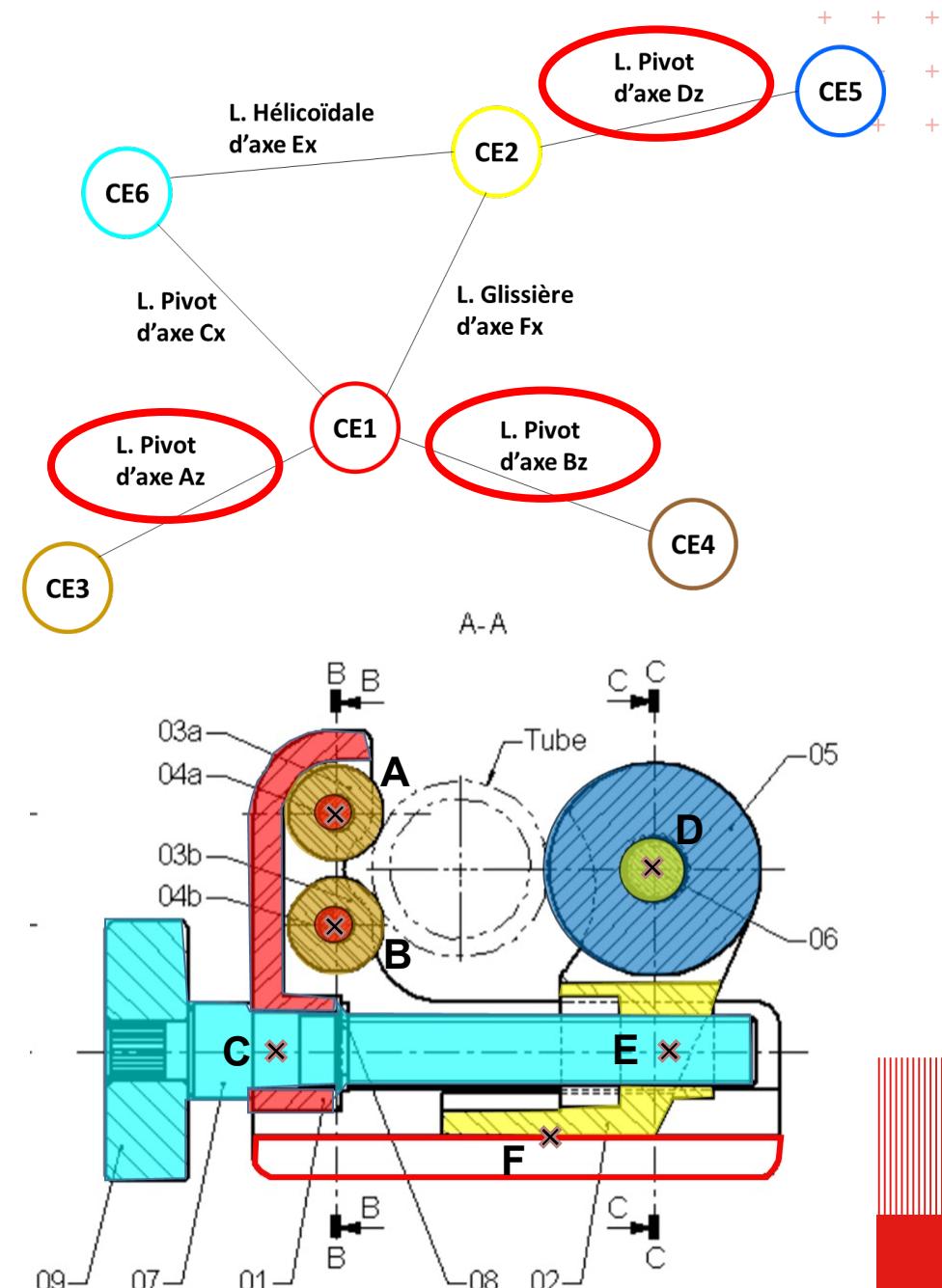
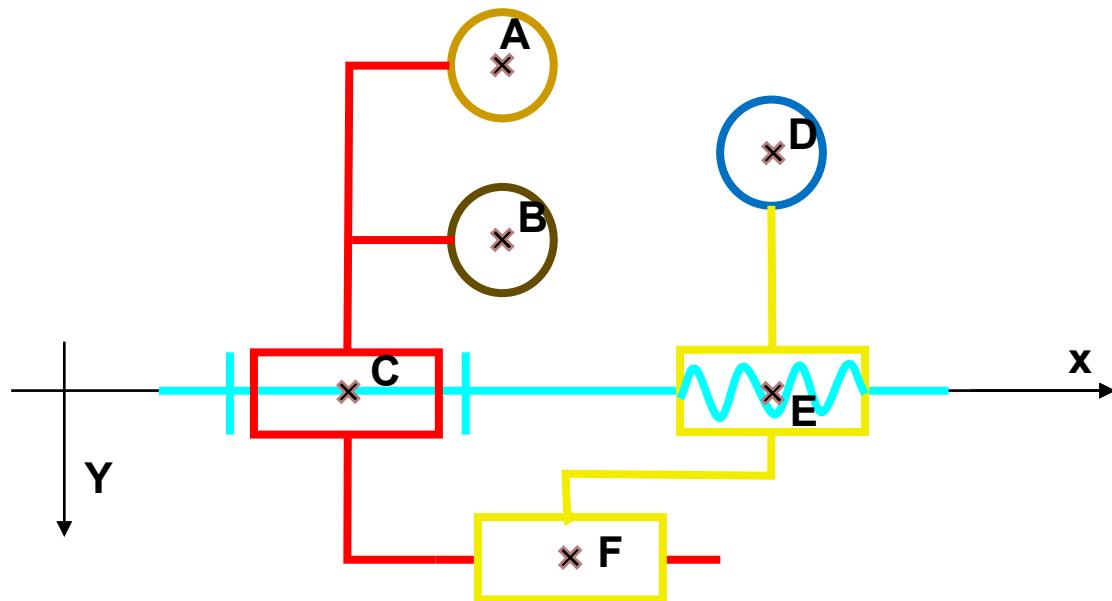
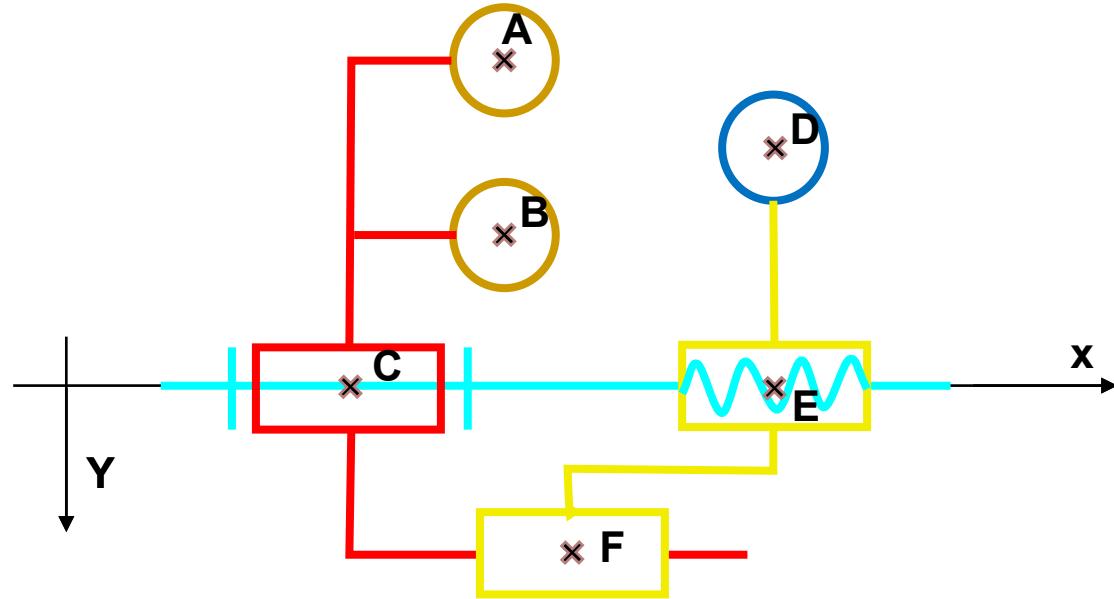


Schéma cinématique

Représentation en 2D



Le schéma cinématique conserve la géométrie du mécanisme :

- Choix du symbole de la liaison.
- Positionnement de la liaison (point d'application).
- Orientation de la liaison (axes).

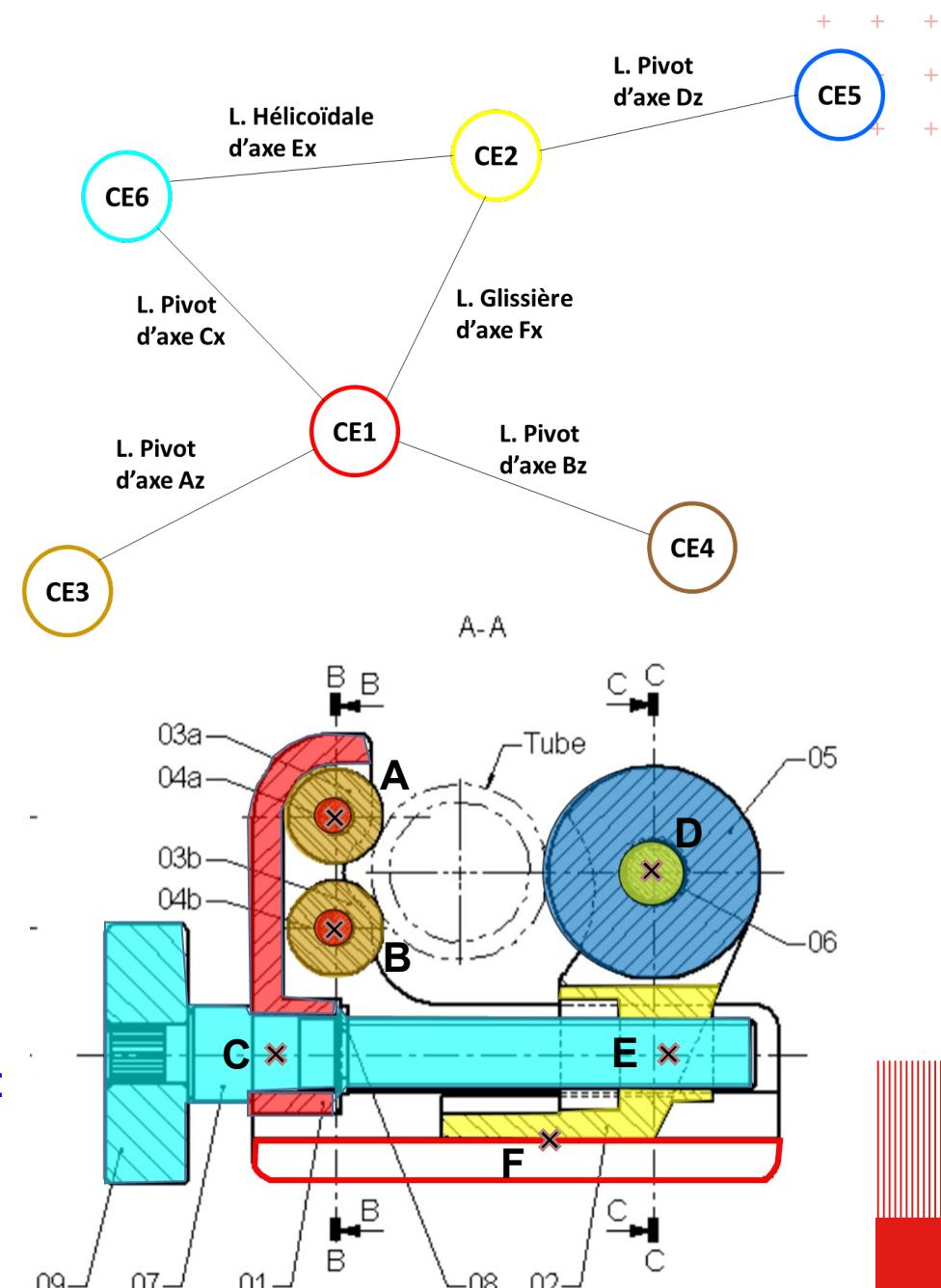
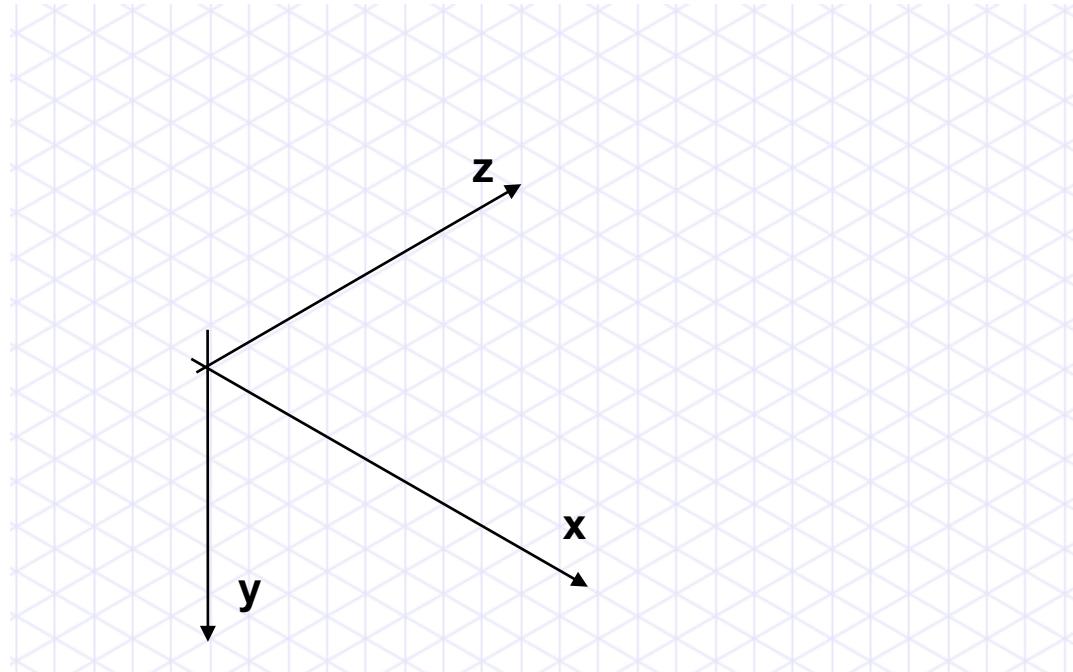


Schéma cinématique

Représentation en 3D



Pour réaliser un schéma cinématique en 3D il est pratique d'utiliser une trame 3D pour y aligner les liaisons dessus quand leurs axes sont dans trois directions perpendiculaires.

Comme pour le schéma en 2D on doit respecter la géométrie du mécanisme : choix du symbole, point d'application, orientation de la liaison.

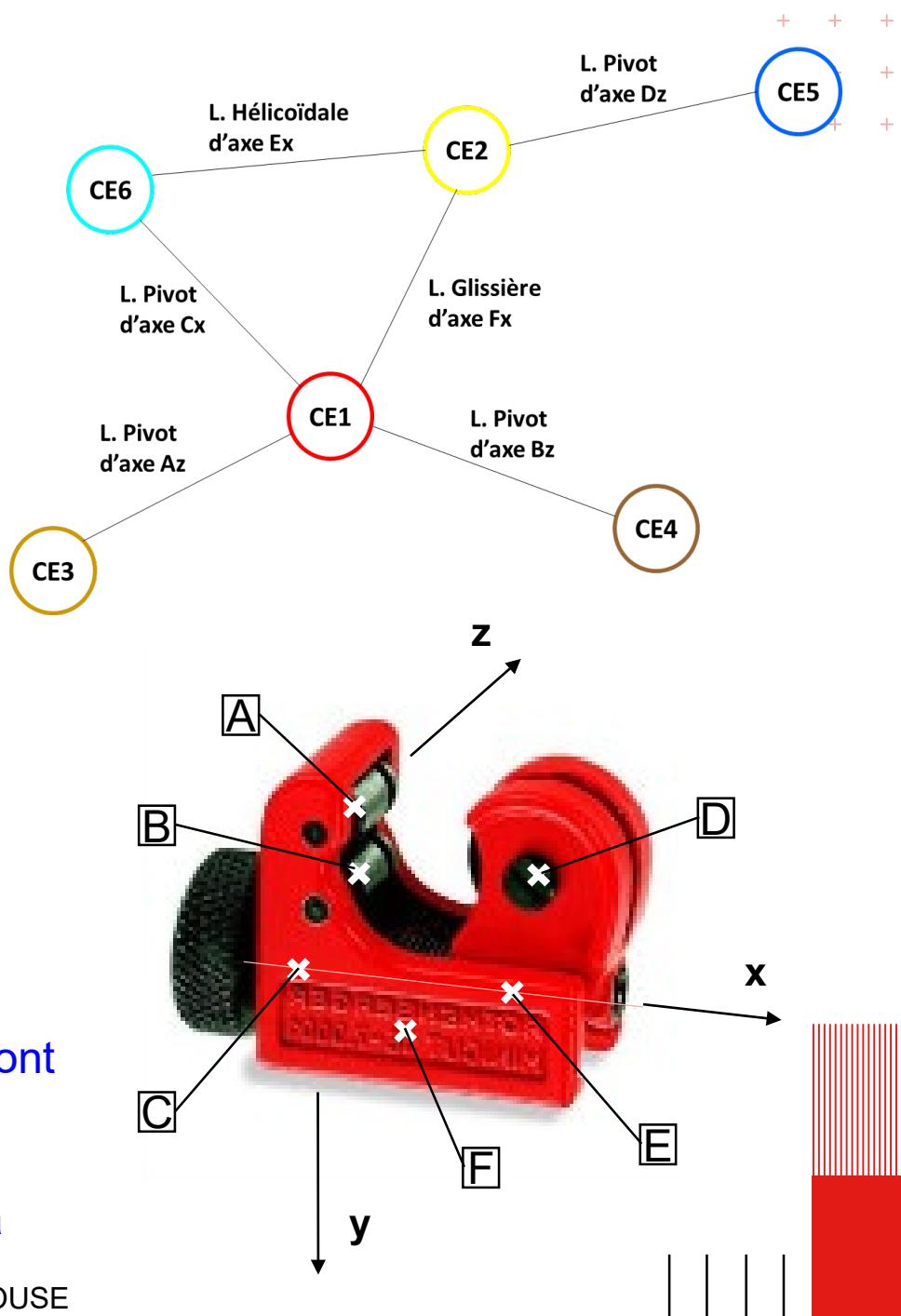


Schéma cinématique

Représentation en 3D

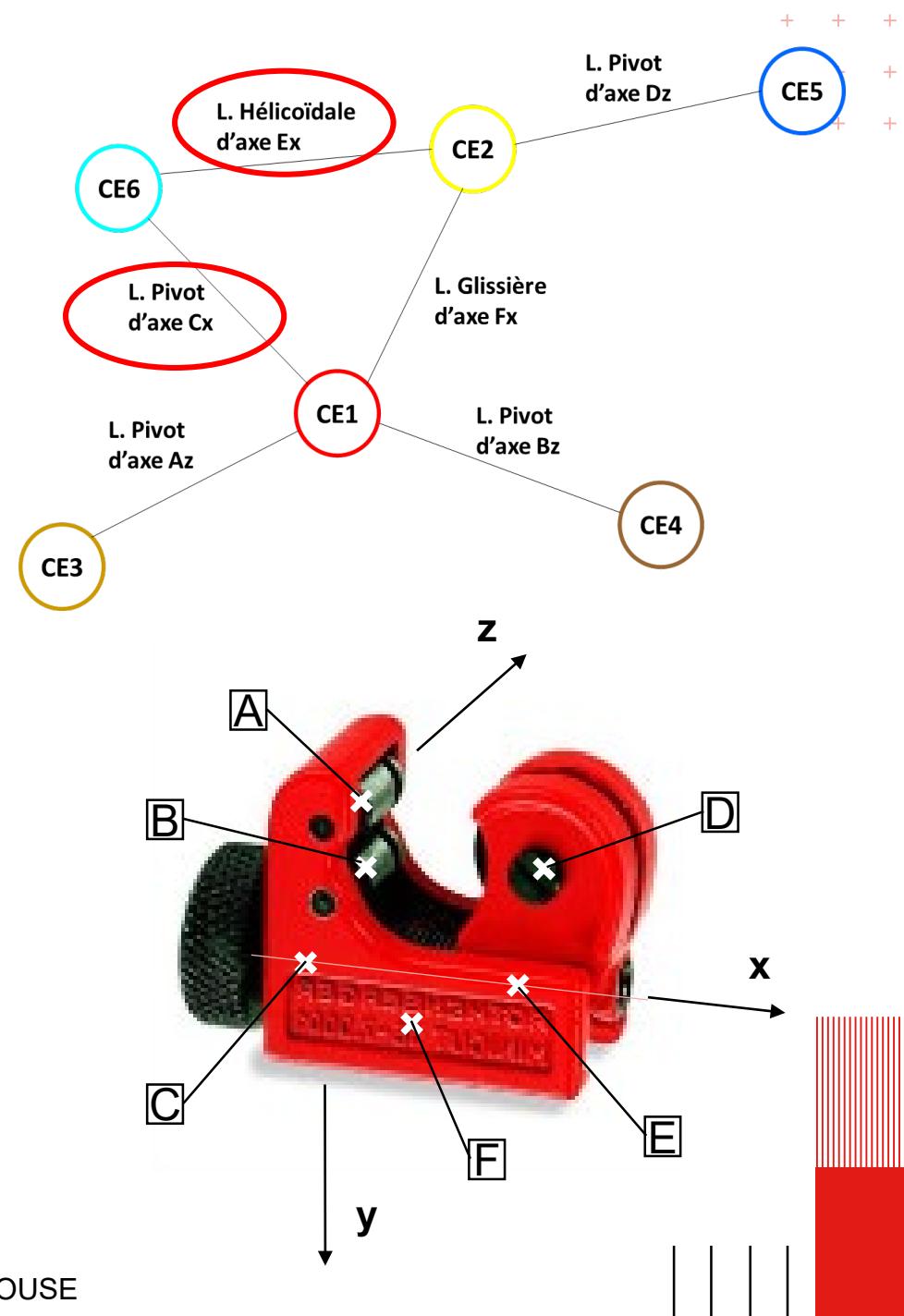
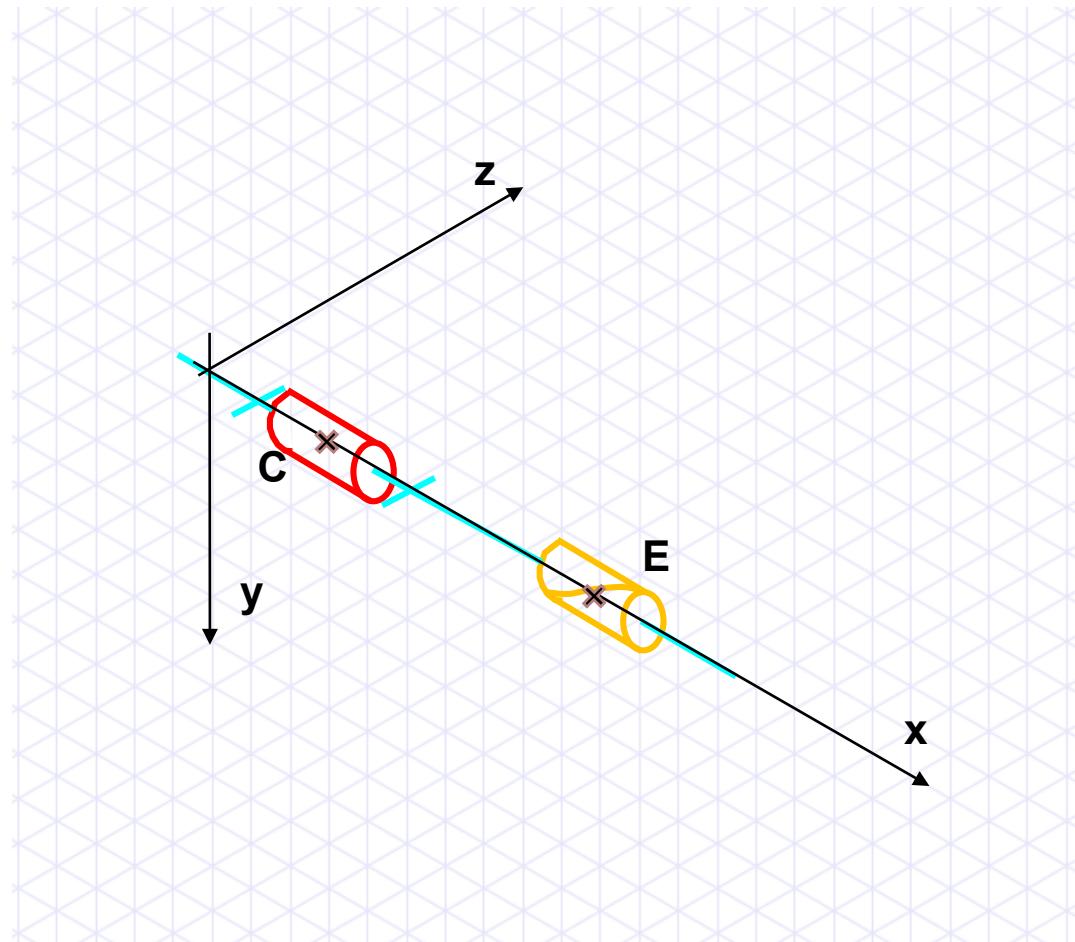


Schéma cinématique

Représentation en 3D

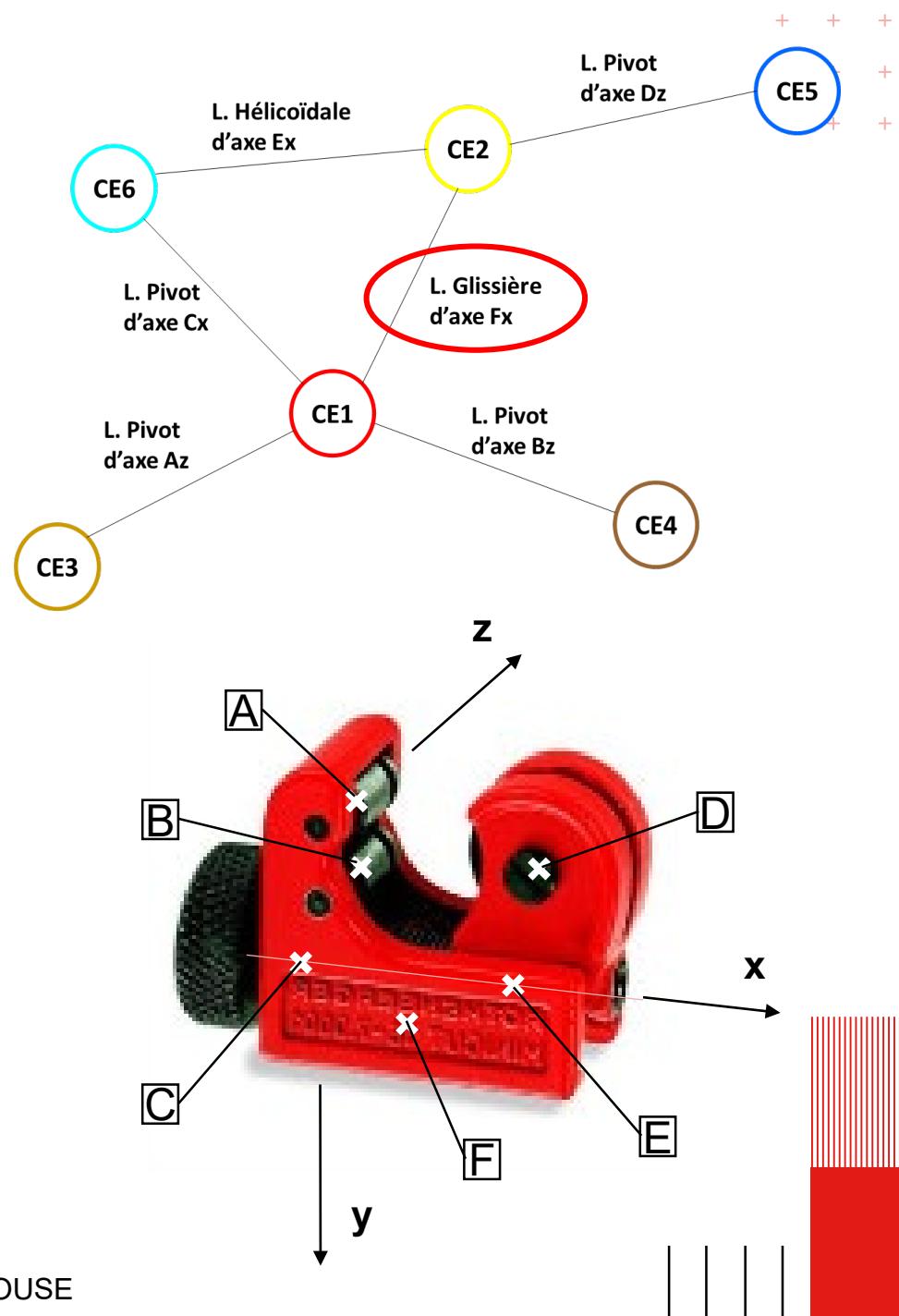
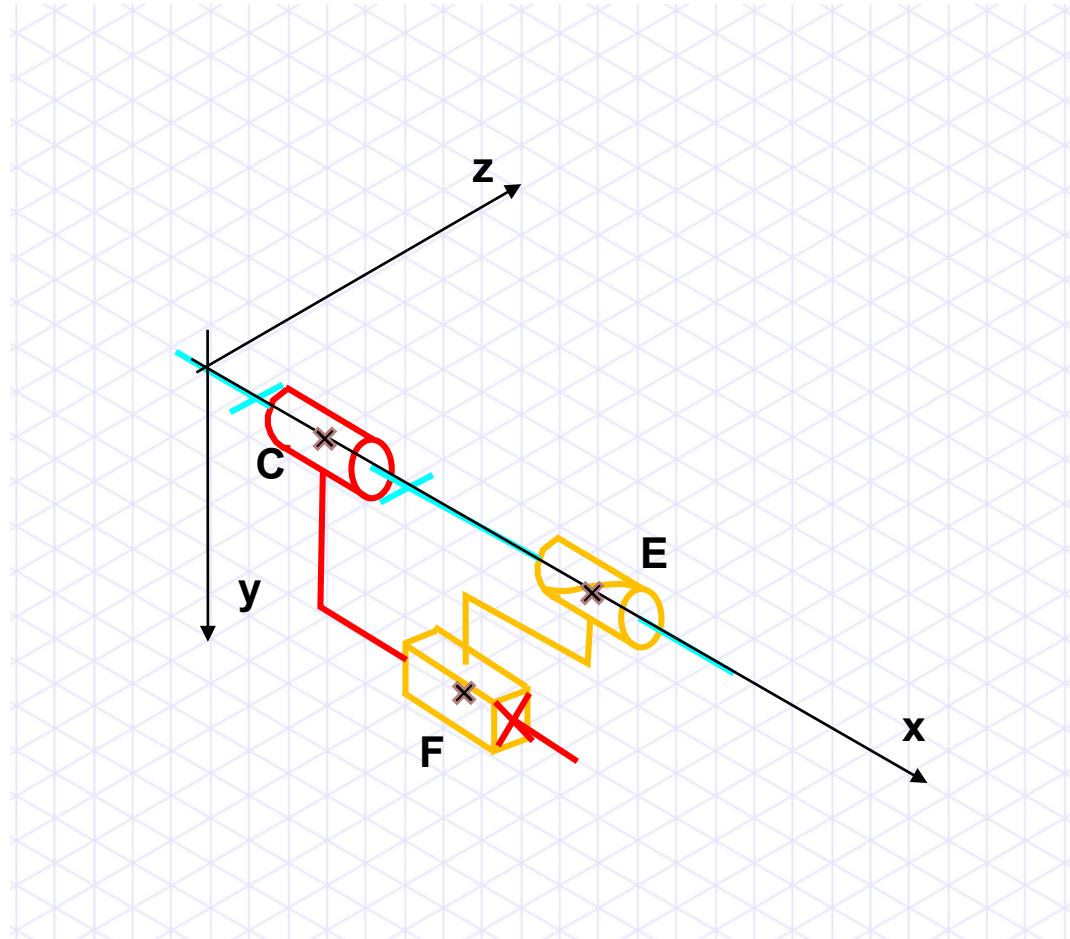


Schéma cinématique

Représentation en 3D

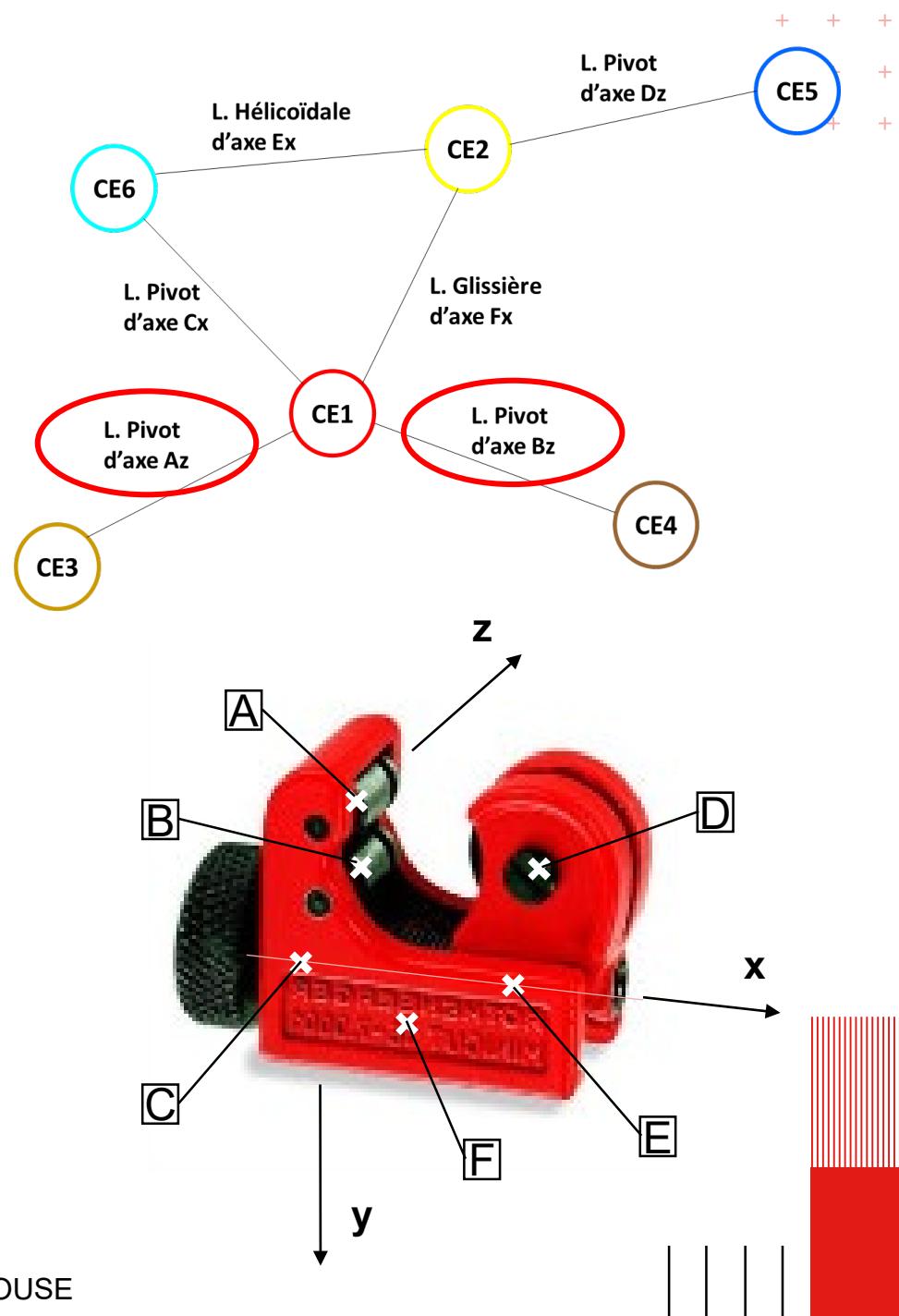
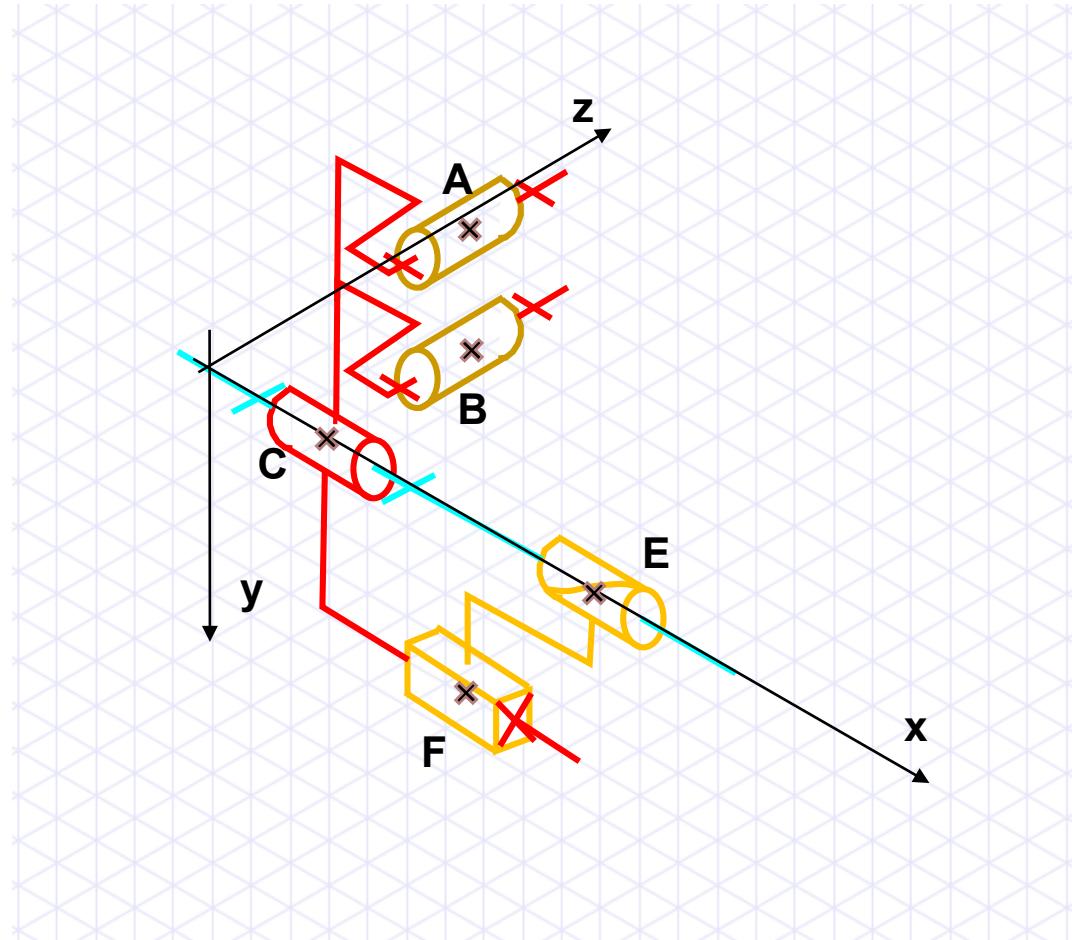


Schéma cinématique

Représentation en 3D

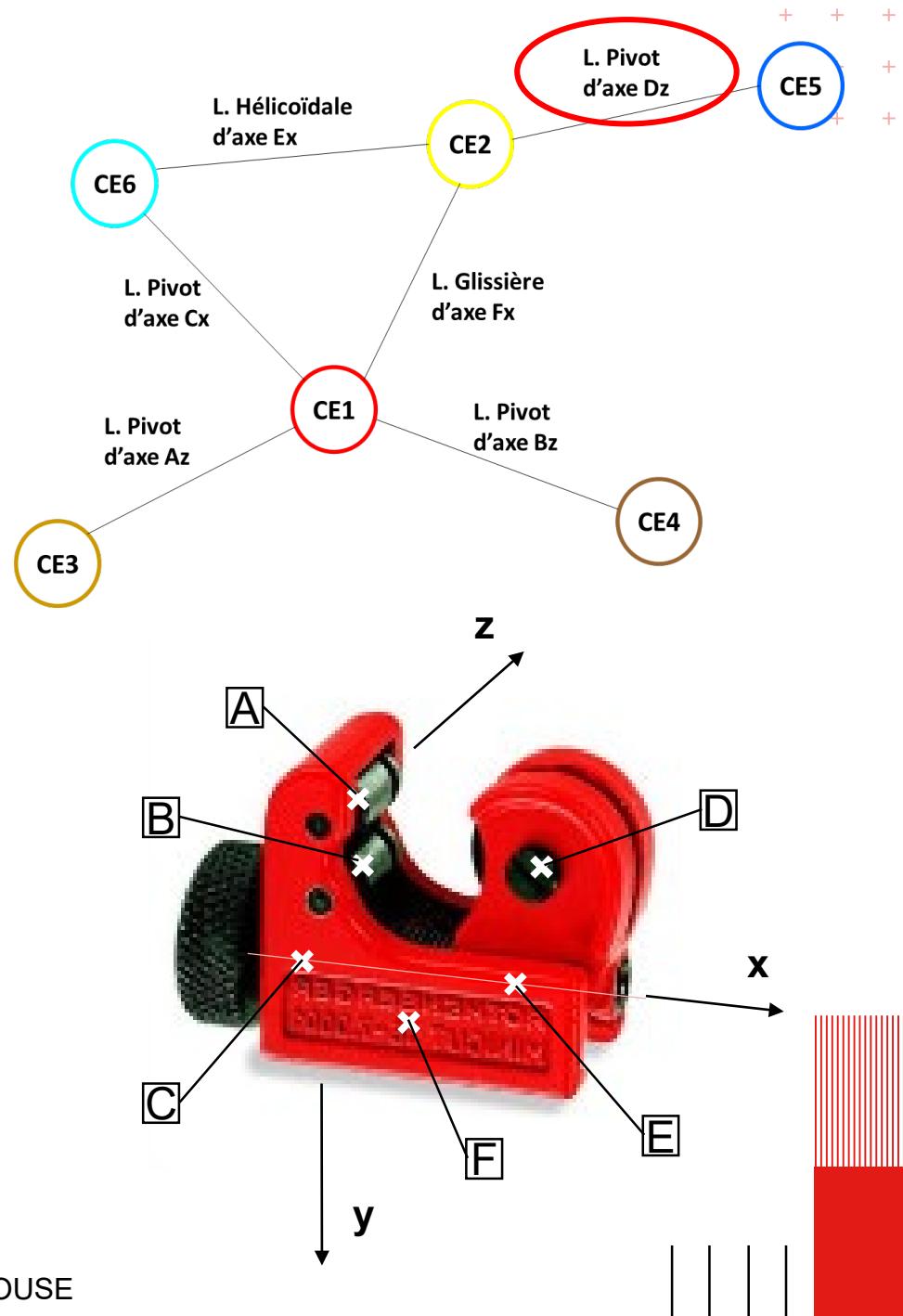
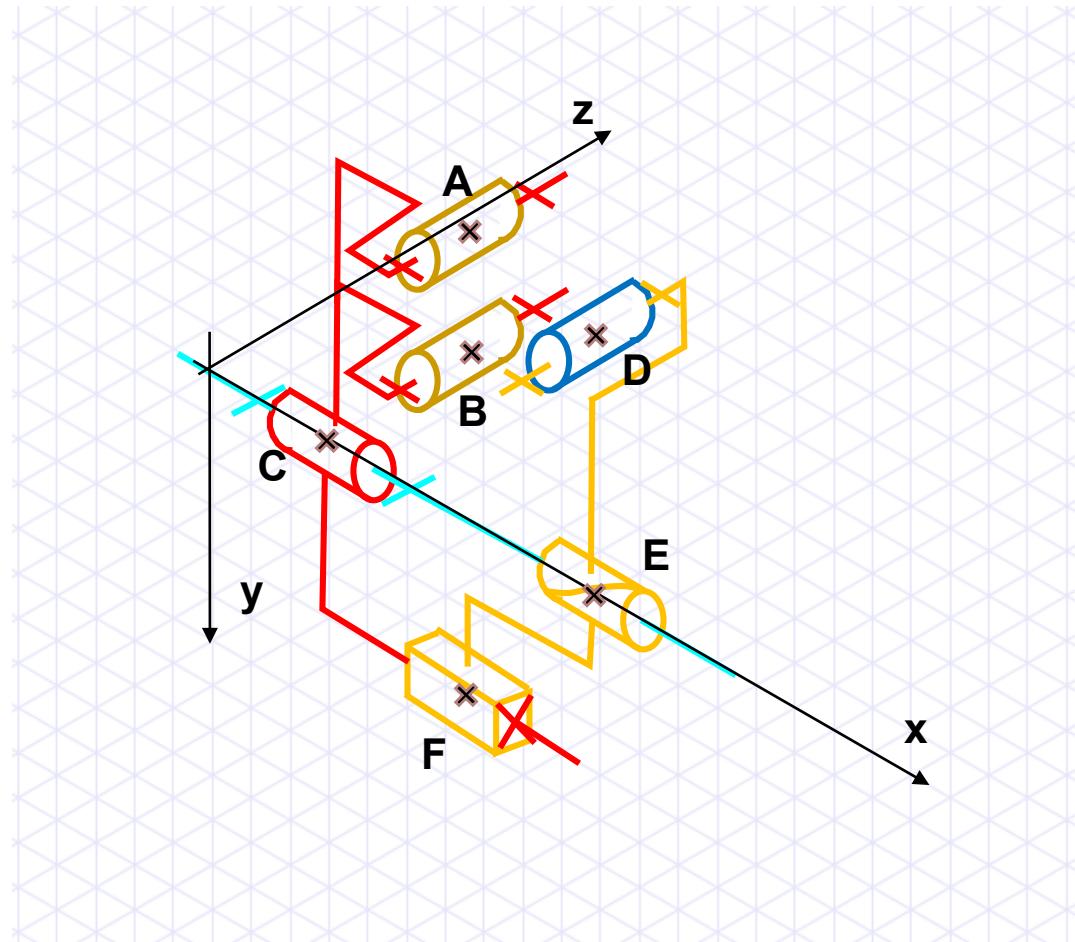


Schéma cinématique

Représentation en 3D

