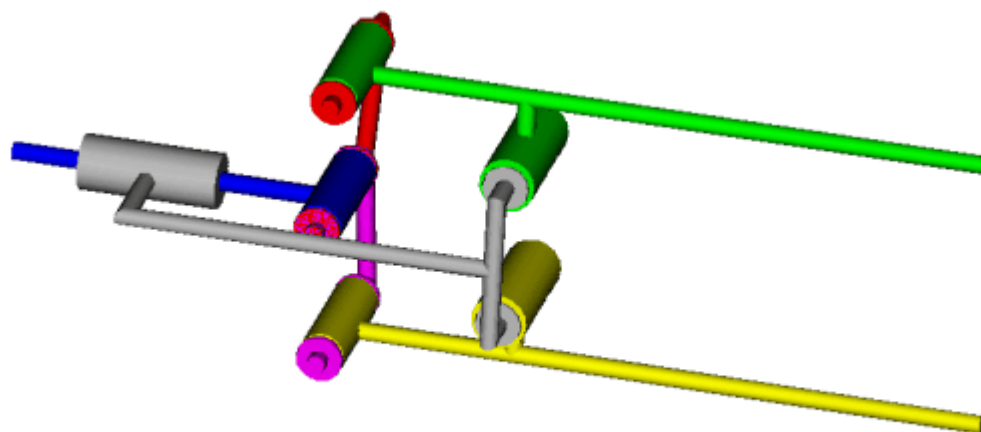
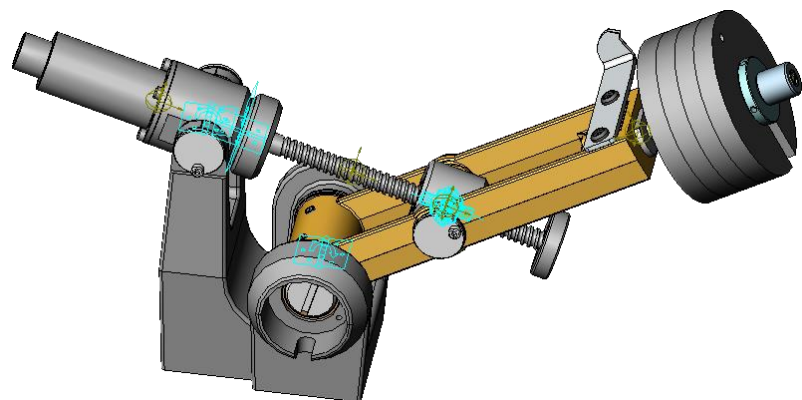
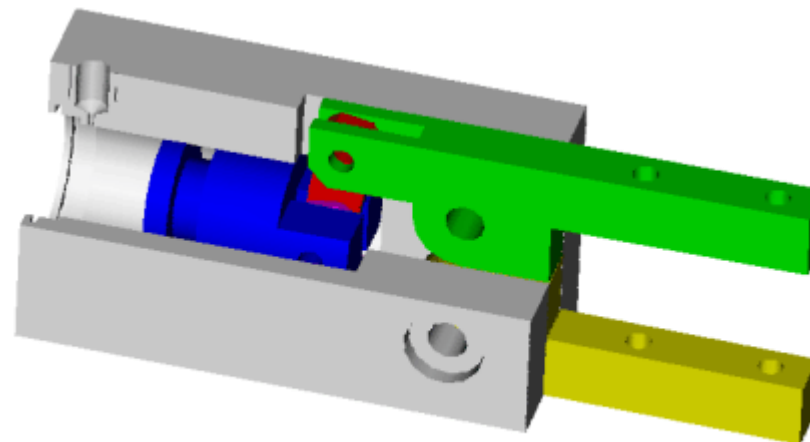
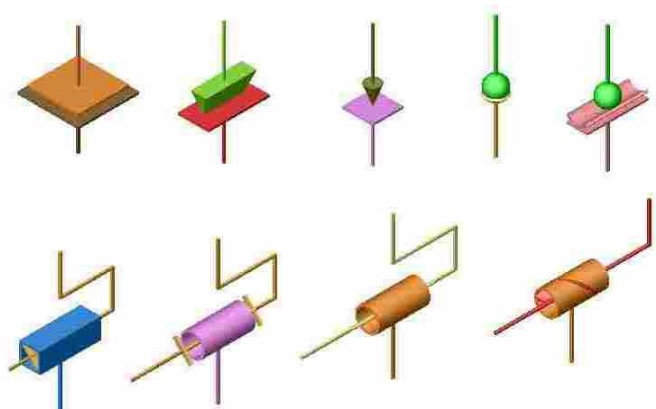


Modélisation des Liaisons



Modélisation des Liaisons

Compétences attendues :

- ✓ Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.
- ✓ Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.

Modélisation des Liaisons

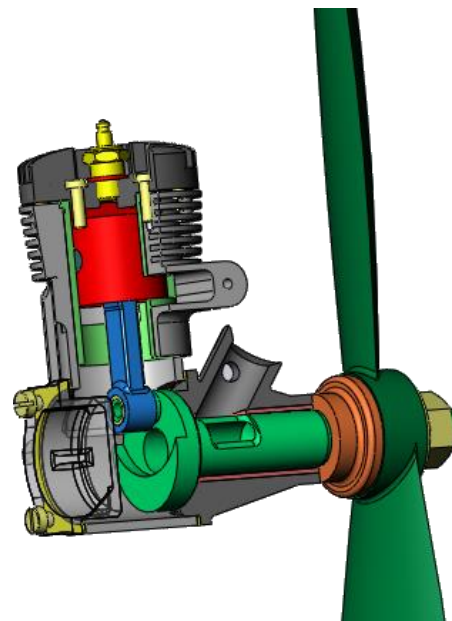
« Tout ce qui est simple est faux, tout ce qui est compliqué est inutilisable » P. Valery

« Modéliser c'est remplacer du visible compliqué par de l'invisible simple » J. Perrin

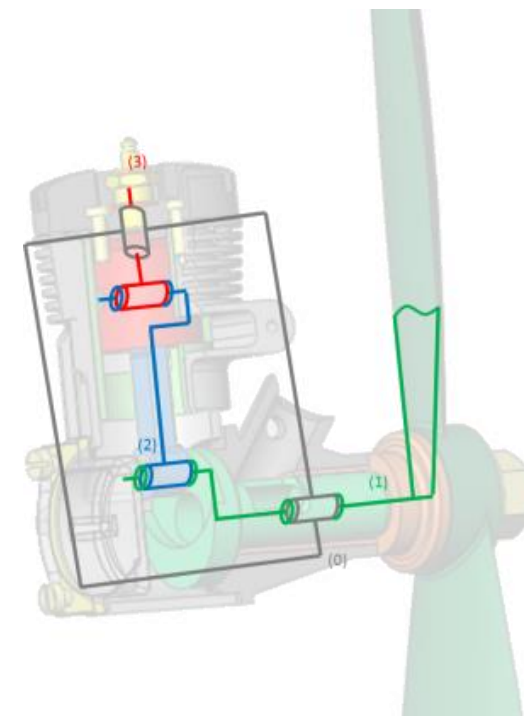
Modélisation des Liaisons



Système réel :
Moteur d'avion de modélisme



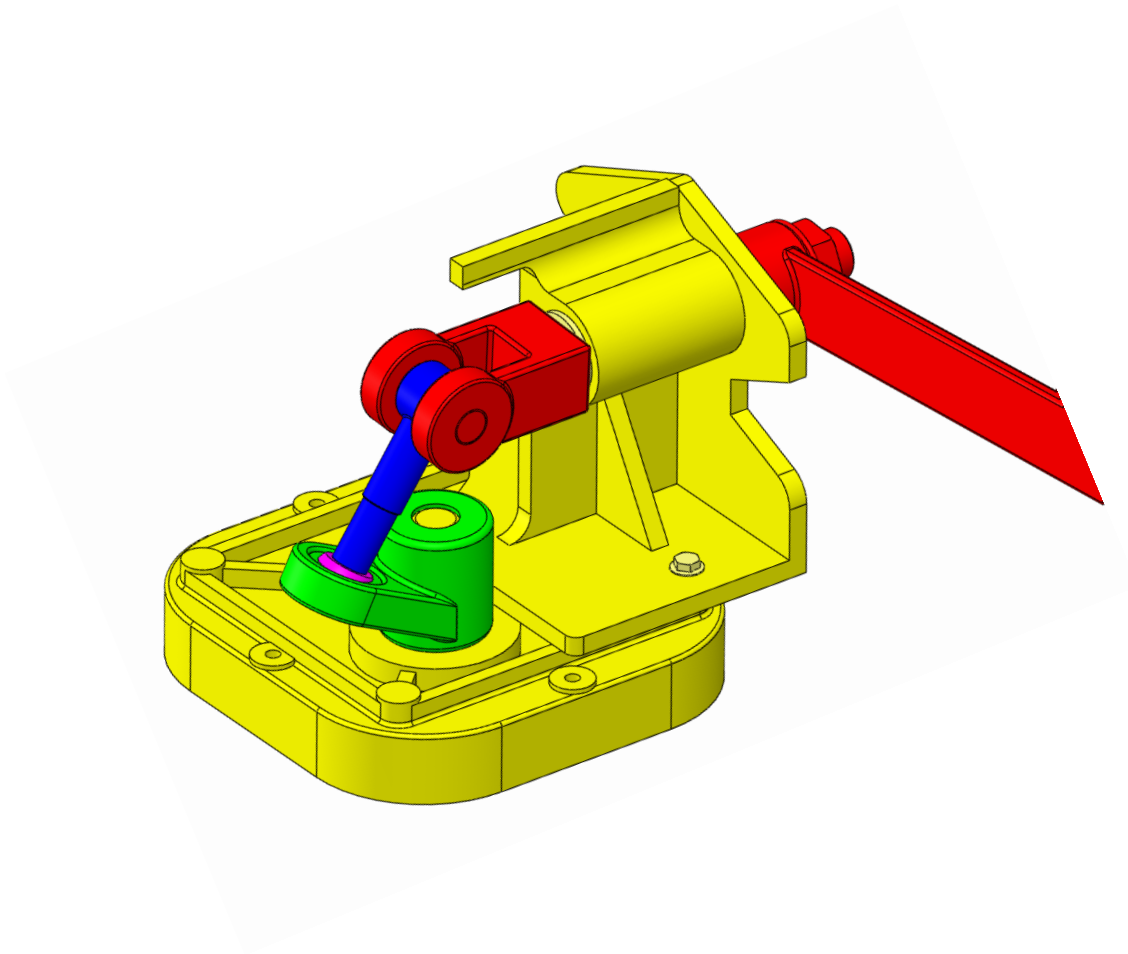
Système modélisé :
Modélisation 3D



Système modélisé :
Schéma cinématique

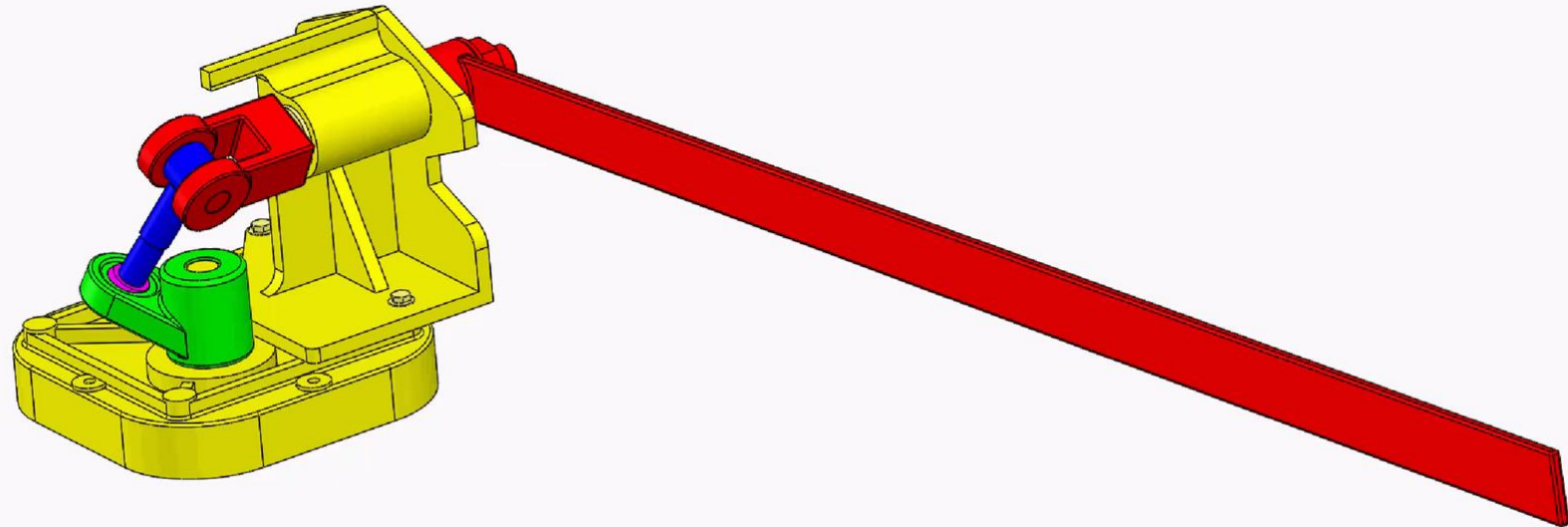
Mise en situation

Barrière sinusmatic



Mise en situation

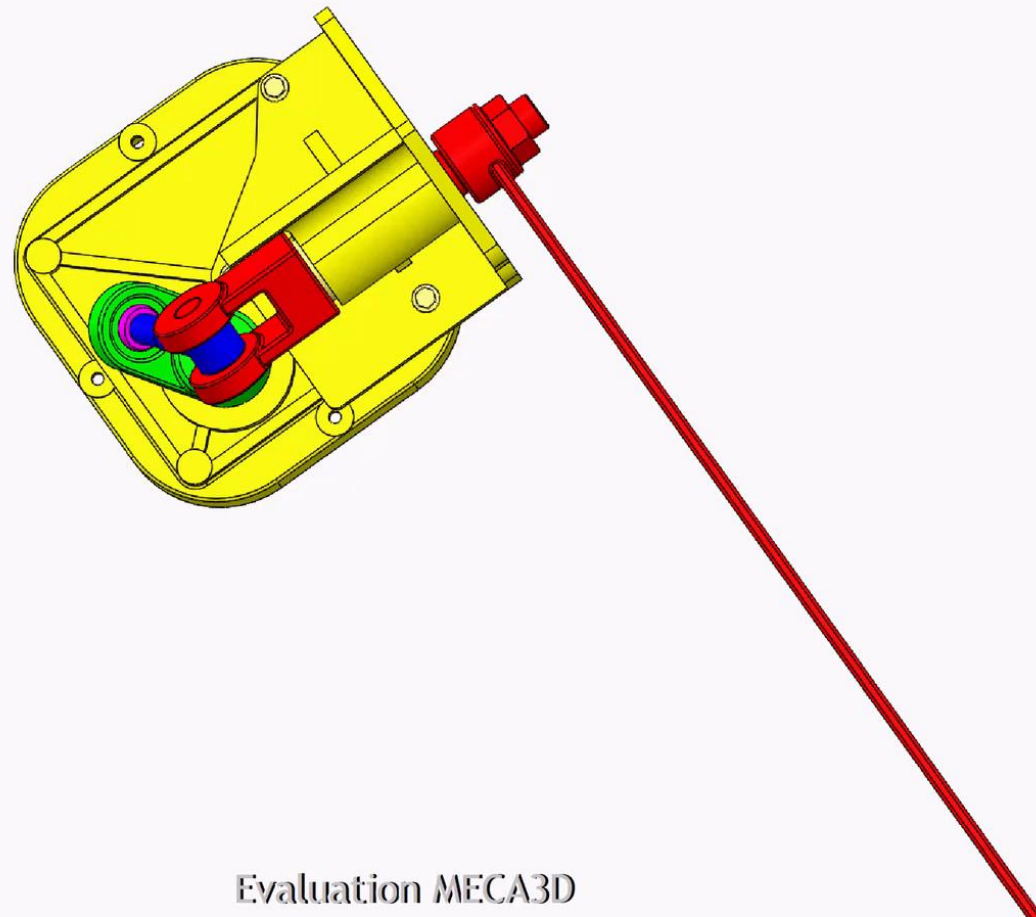
Barrière sinusmatic



Evaluation MECA3D

Mise en situation

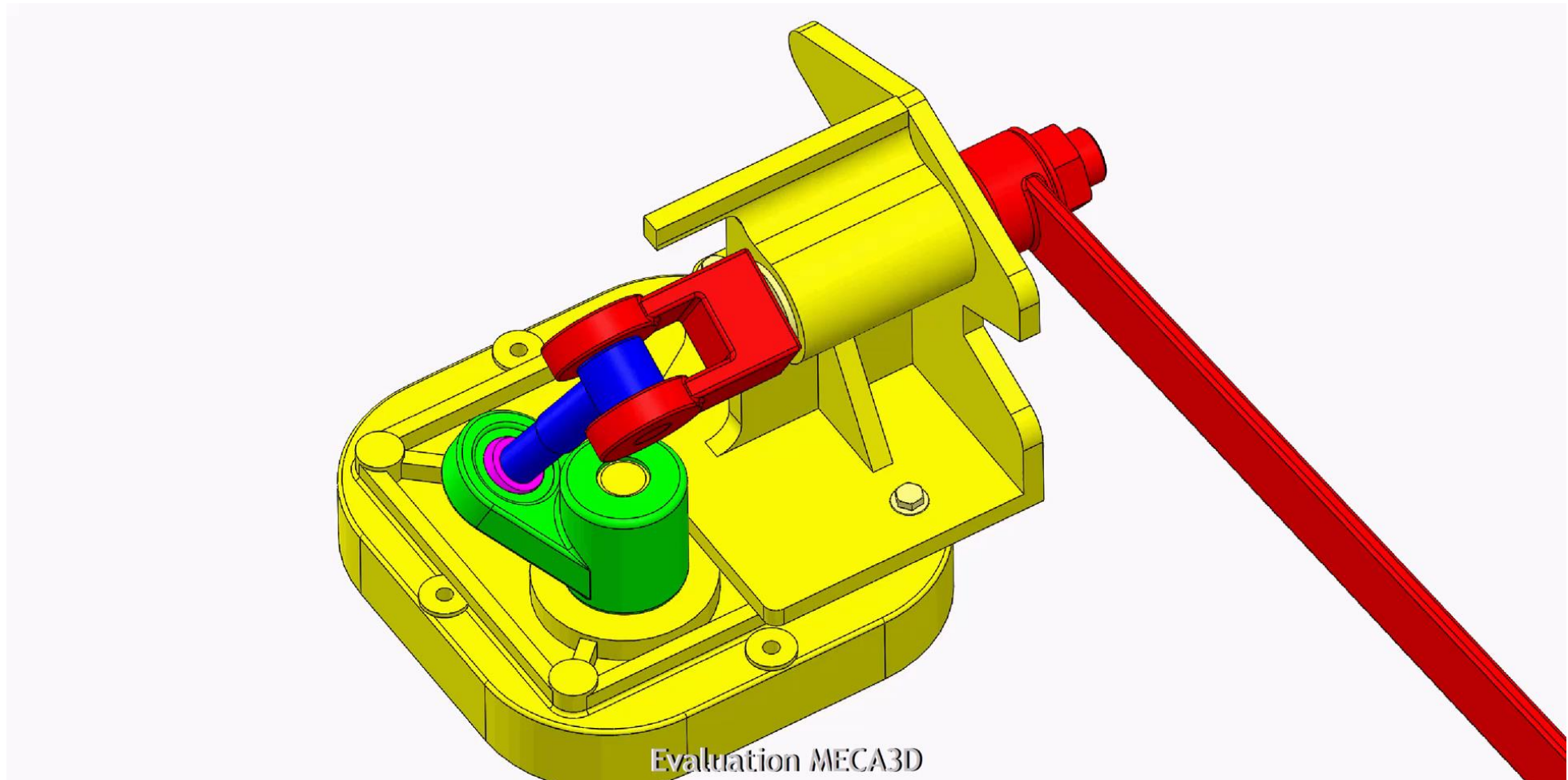
Barrière sinusmatic



Evaluation MECA3D

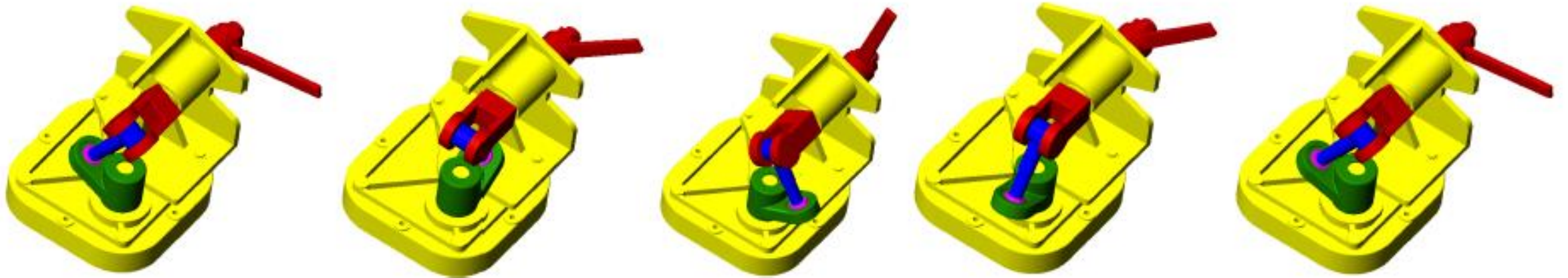
Mise en situation

Barrière sinusmatic



Mise en situation

Barrière sinusmatic



Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Un mécanisme est un ensemble (E) de pièces mécaniques reliées entre elles par des liaisons, en vue de réaliser une fonction déterminée.

Pour modéliser un mécanisme, il faut identifier d'une part les pièces mécaniques (par groupes) et d'autre part les liaisons entre ces groupes de pièces.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Les pièces mécaniques sont modélisées par des solides.

Un solide est une représentation mathématiques définie comme un ensemble de points.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Solide déformable ou indéformable ?

Définition : Une pièce mécanique (S) peut être considérée comme un solide indéformable si, quels que soient les points A et B de cette pièce (S), la distance AB reste constante au cours du temps t.

En réalité → aucun solide n'est indéformable.

Hypothèse vraisemblable dans beaucoup de cas de pièces mécaniques (déformations très petites).

Certaines pièces ont justement pour rôle de se déformer (ressorts, ...)

→ Déformations importantes → Solides déformables.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Solide parfait

Définition : Un solide parfait est un solide indéformable dont la géométrie est parfaite.

Solide non déformable = Solide parfait.

Géométrie des solides indéformables parfaite.

Remarque : Solide parfait → Solide homogène + Solide isotrope

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Classe d'équivalence cinématique

Regrouper les solides (donc les pièces mécaniques) selon leur fonction.
Groupes = Sous-ensembles fonctionnels ou sous-ensembles cinématiquement liés,
ou encore classes d'équivalence cinématique.

N.B.: Cas particulier : Pièces exclues des classes d'équivalence cinématique → solides déformables (ressort, courroies, ...).

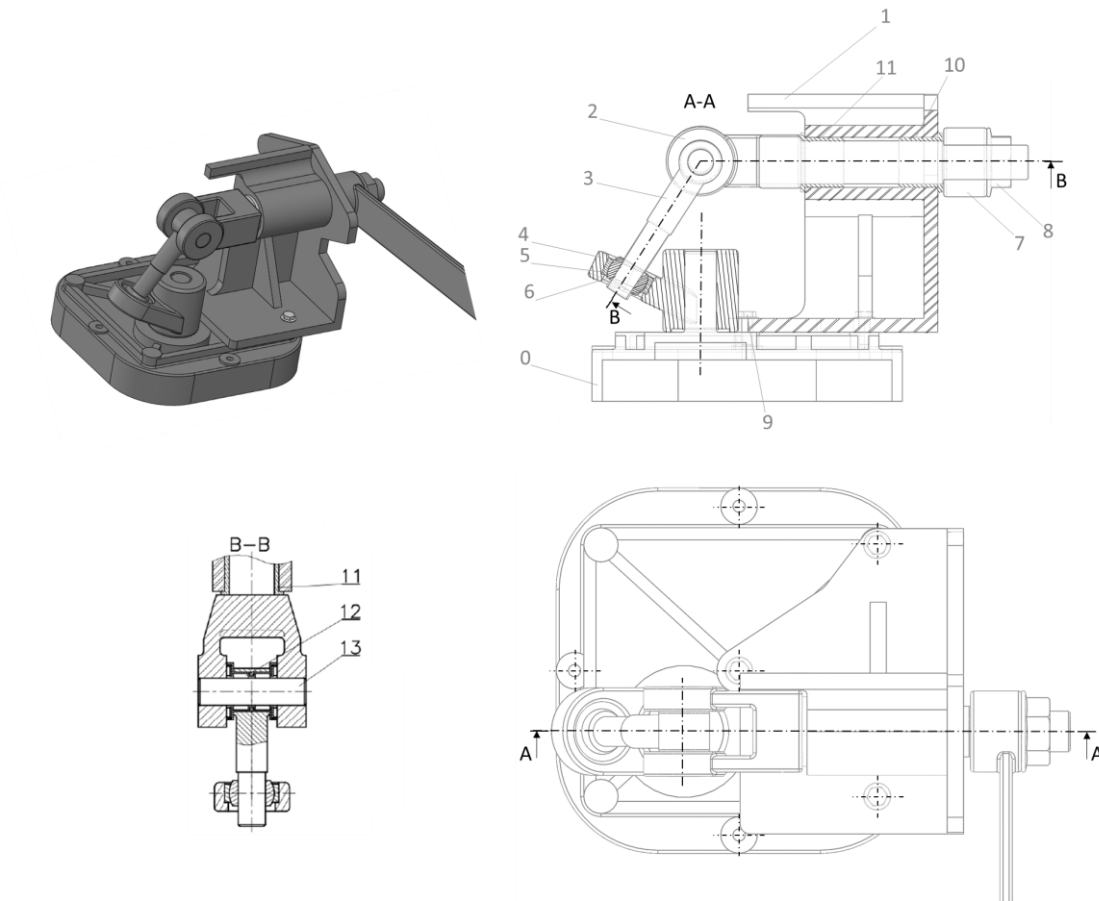
Question 1 : Identifier les sous-ensembles cinématiquement liés

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Classe d'équivalence cinématique

Question 1 : Identifier les sous-ensembles cinématiquement liés



Repère	Nombre	Désignation
0	1	Bâti
1	1	Support supérieur
2	1	Arbre de lisse
3	1	Doigt
4	1	Arbre de sortie moteur
5	1	Rotule
6	1	Bague interieure
7	1	Lisse
8	1	Ecrou de serrage
9	3	Vis H M6-20
10	1	Coussinet
11	1	Coussinet
12	1	Roulement à aiguilles
13	1	Axe

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Classe d'équivalence cinématique

Question 1 : Identifier les sous-ensembles cinématiquement liés

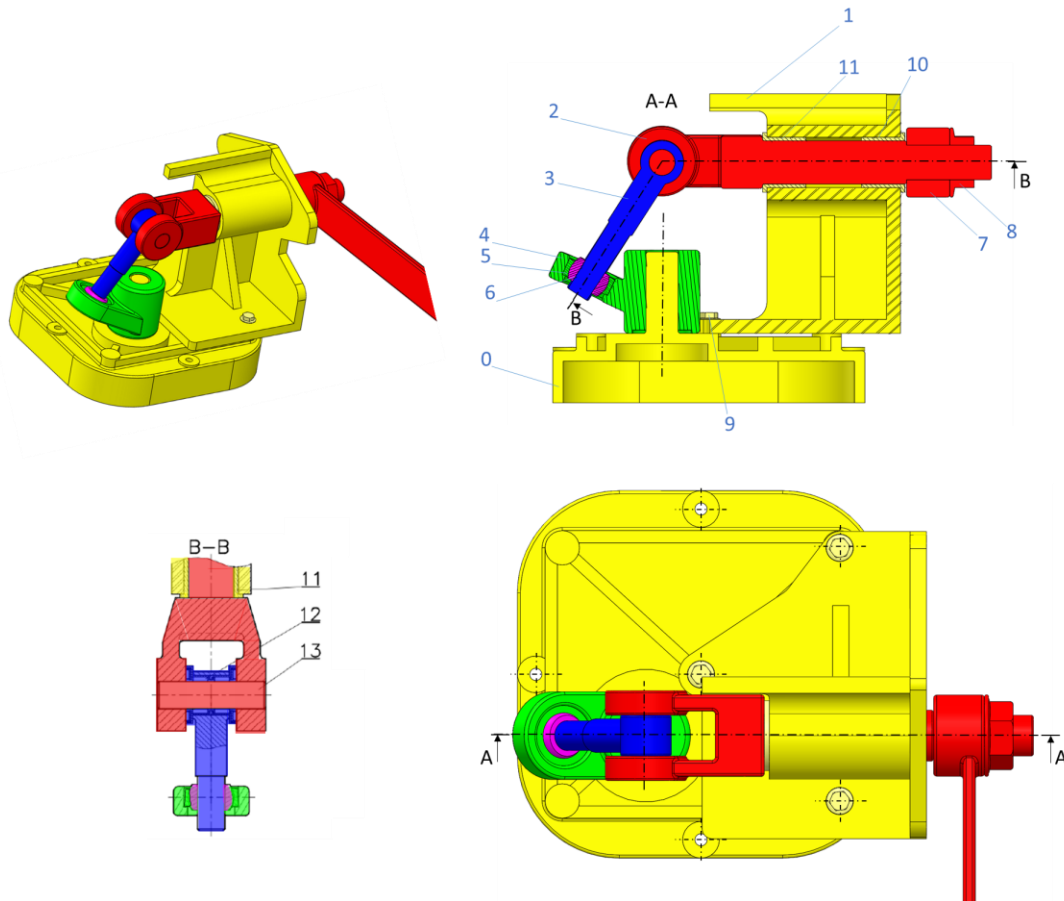
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Repère	Nombre	Désignation
0	1	Bâti
1	1	Support supérieur
2	1	Arbre de lisse
3	1	Doigt
4	1	Arbre de sortie moteur
5	1	Rotule
6	1	Bague interieure
7	1	Lisse
8	1	Ecrou de serrage
9	3	Vis H M6-20
10	1	Coussinet
11	1	Coussinet
12	1	Roulement à aiguilles
13	1	Axe

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

Le solide, modélisation de pièce(s) mécanique(s)

Classe d'équivalence cinématique

Question 1 : Identifier les sous-ensembles cinématiquement liés

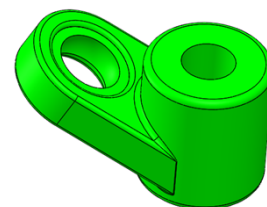
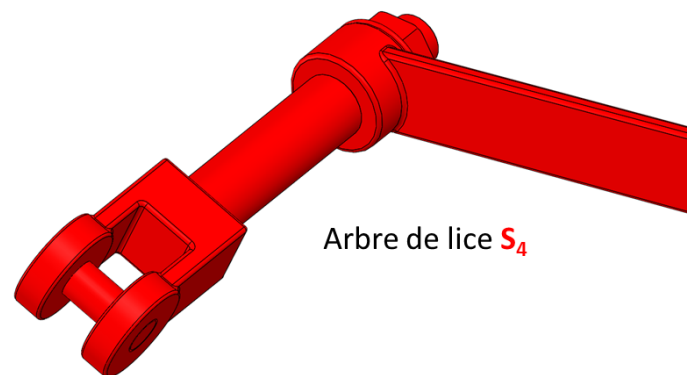
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

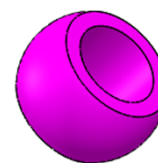
Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

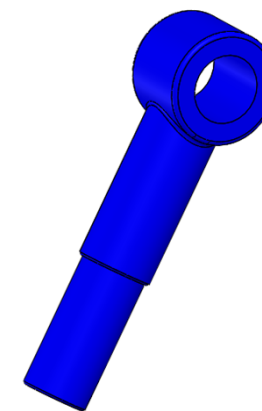
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



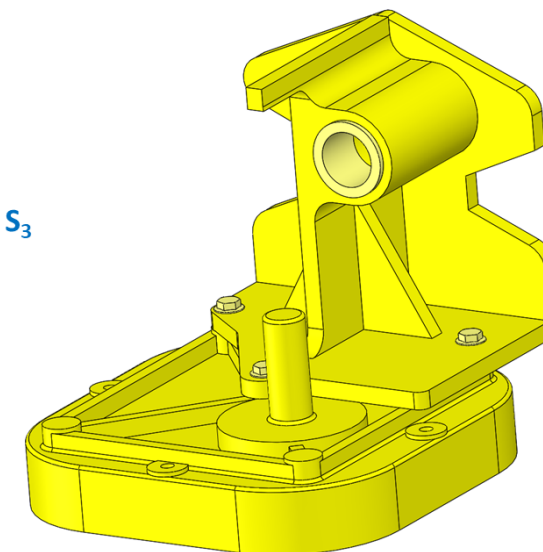
Arbre d'entrée S_1



Rotule S_2



Arbre intermédiaire S_3



Bâti S_0

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Chercher les mouvements relatifs qui existent entre ces classes d'équivalence cinématique.

→ Examiner les contacts qui les relient : leur nombre et leur type.

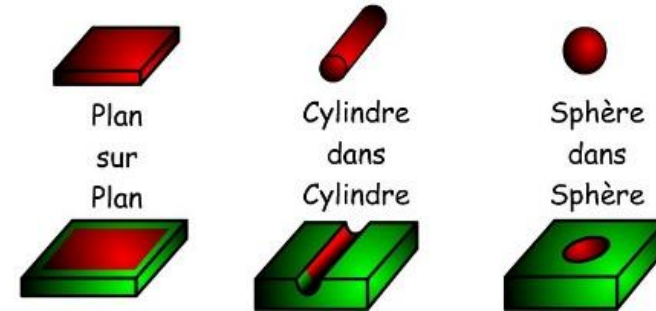
Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts Il existe 4 grands types de contacts :

- **le contact surfacique (selon une surface) :**

- un plan sur un plan ;
- un cylindre dans un cylindre ;
- une sphère dans une sphère
- un cône dans un cône.



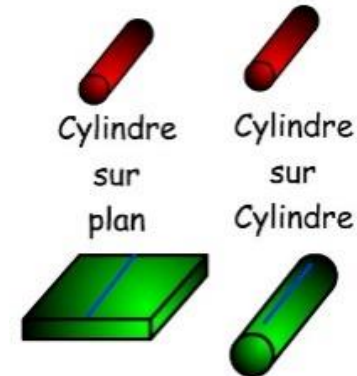
Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

- **le contact linéique rectiligne (selon une ligne droite) :**

- un cylindre sur un plan;
- un cylindre sur un cylindre;
- un cône sur un cône.



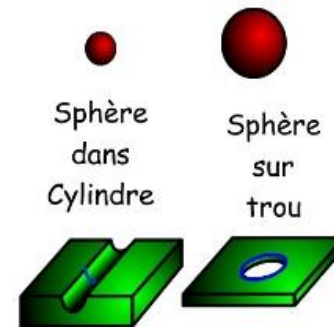
Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

- **le contact linéique circulaire (selon une ligne courbe) :**

- une sphère dans un cylindre;
- une sphère sur un trou.



Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

- **le contact ponctuel (sur un point) :**

- une sphère sur un plan;
- une sphère sur une sphère;
- une sphère sur un cylindre;
- un cylindre sur un cylindre.



Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

Astuce : Pour trouver de quel type de contact il s'agit, on peut imaginer tremper un des deux sous-ensembles cinématiquement liés dans un pot de peinture avant de le remettre en place contre le second sous-ensemble. En l'enlevant de nouveau, il apparaîtrait alors une trace... Ce serait soit une surface, soit une ligne, soit un point.

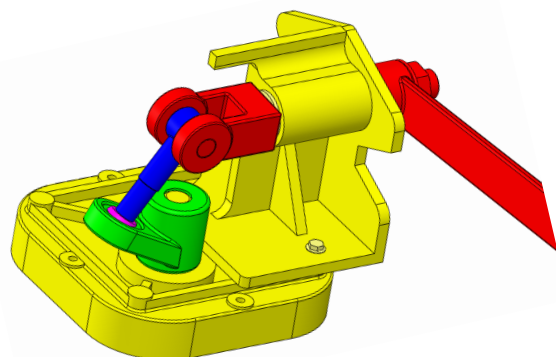
Question 2 : Identifier les contacts entre les sous-ensembles définis en Question 1

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

Question 2 : Identifier les contacts entre les sous-ensembles définis en Question 1



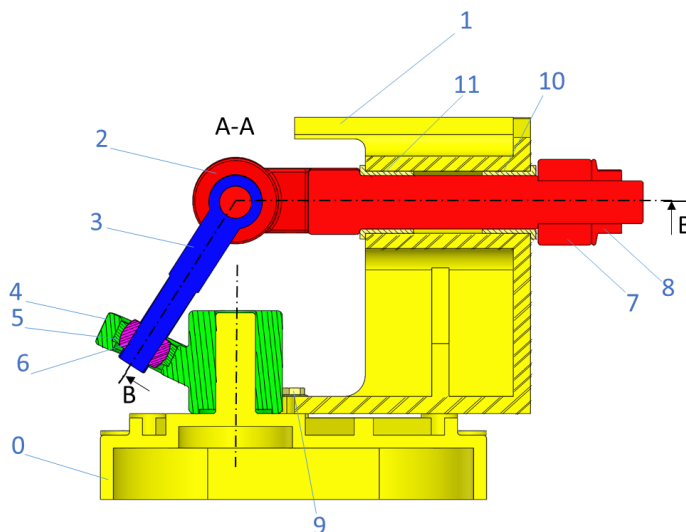
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Entre les sous-ensembles	Contacts	
	Nombre	Zone(s)
S_0 et S_1	2	Surface cylindrique + Surface plane
S_1 et S_2	1	Surface sphérique
S_2 et S_3	1	Surface cylindrique
S_3 et S_4	2	Surface cylindrique + Surface plane
S_4 et S_0	2	Surface cylindrique + Surface plane

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Contacts

Les contacts déterminés, on peut en déduire les degrés de liberté, c'est-à-dire les mouvements possibles entre deux classes d'équivalence cinématique.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Degrés de liberté (DDL)

3 axes pour définir l'espace $\rightarrow \vec{x}, \vec{y}$ et $\vec{z}$.

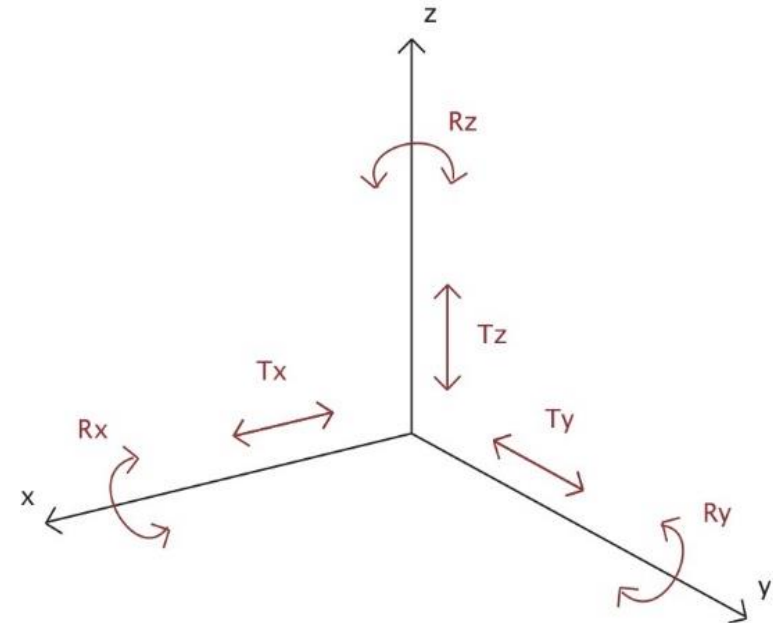
6 mouvements possibles :

- **3 translations :**

- suivant l'axe $\vec{x}$, notée T_x
- suivant l'axe $\vec{y}$, notée T_y
- suivant l'axe $\vec{z}$, notée T_z

- **3 rotations :**

- autour de l'axe $\vec{x}$, notée R_x
- autour de l'axe $\vec{y}$, notée R_y
- autour de l'axe $\vec{z}$, notée R_z



Ces 6 mouvements élémentaires (3 translations et 3 rotations) sont appelés les degrés de liberté.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Degrés de liberté (DDL)

Degrés de liberté d'une liaison → mouvements relatifs d'une classe d'équivalence cinématique par rapport à une autre, autorisés par cette liaison.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Degrés de liberté (DDL)

N.B. : Pour trouver les degrés de liberté d'une liaison → repère local au contact entre les deux classes (repère local associé), défini par :

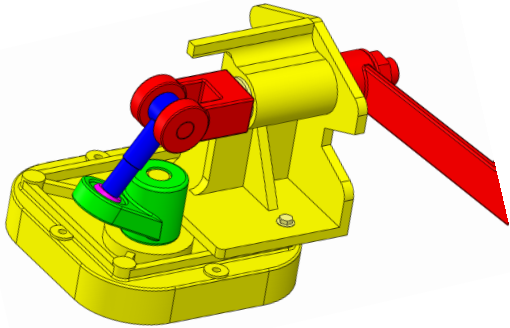
- son origine O, centre géométrique du contact ;
- une base locale, constituée de 3 axes $\vec{x}$, $\vec{y}$ et $\vec{z}$, orthonormée directe.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Degrés de liberté (DDL)

Question 3: Identifier les ddl entre les sous-ensembles définis en Question 1



Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$

Entre les sous-ensembles	Contacts		DDL		Nombre de	
	Nombre	Zone(s)			R	T
S_0 et S_1	2	Surface cylindrique + Surface plane	Rx Ry Rz	$\cancel{T_x}$ $\cancel{T_y}$ $\cancel{T_z}$	1	0
S_1 et S_2	1	Surface sphérique	Rx Ry Rz	$\cancel{T_x}$ $\cancel{T_y}$ $\cancel{T_z}$	3	0
S_2 et S_3	1	Surface cylindrique	Rx3 Ry3 Rz3	$\cancel{T_x3}$ $\cancel{T_y3}$ $\cancel{T_z3}$	1	1
S_3 et S_4	2	Surface cylindrique + Surface plane	Rx4 Ry4 Rz4	$\cancel{T_x4}$ $\cancel{T_y4}$ $\cancel{T_z4}$	1	0
S_4 et S_0	2	Surface cylindrique + Surface plane	Rx Ry Rz	$\cancel{T_x}$ $\cancel{T_y}$ $\cancel{T_z}$	1	0

Les degrés de liberté déterminés, on peut en déduire la nature de la liaison associée.

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison = Relation entre deux solides en contact.

Liaison parfaite :

- la géométrie du contact est parfaite (condition vérifiée par les solides parfaits)
- le contact entre les solides est sans adhérence
- les jeux entre les solides sont nuls.

Surfaces en contact	Nom de la liaison	Schématisation Vue isométrique / Vue projetée	Degrés de liberté / Torseur cinématique
Plan/Plan	Liaison appui-plan		2 translations / 1 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Cylindre/plan	Liaison linéaire rectiligne		2 translations / 2 rotations $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Cylindre/cylindre	Liaison pivot glissant		1 translation / 1 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Sphère/plan	Liaison ponctuelle ou sphère-plan		2 translations / 3 rotations $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Sphère/cylindre	Liaison linéaire ponctuelle ou ruban-cylindre		1 translation / 3 rotations $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Sphère/sphère	Liaison rotule ou sphérique		0 translation / 3 rotations $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Composée : cylindre/cylindre et plan/plan	Liaison pivot		0 translation / 1 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Composée : plan/plan et plan/plan	Liaison glissière		1 translation / 0 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
Helicoïde/helicoïde	Liaison hélicoïdale		1 translation liée à 1 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{x,y,z}$ Avec : $\omega_2 = \frac{v}{r}$
Composée : sphère/sphère et cylindre/plan	Liaison sphérique à doigt		0 translation / 2 rotations $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{x,y,z}$
	Liaison encastrement		0 translation / 0 rotation $\{V_{1/2}\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{x,y,z}$

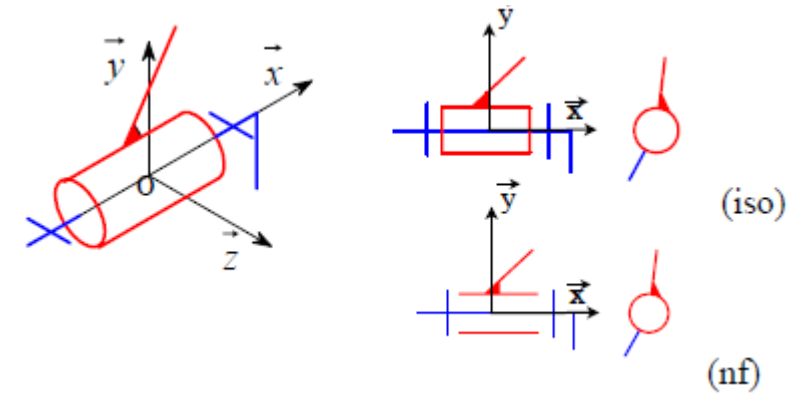
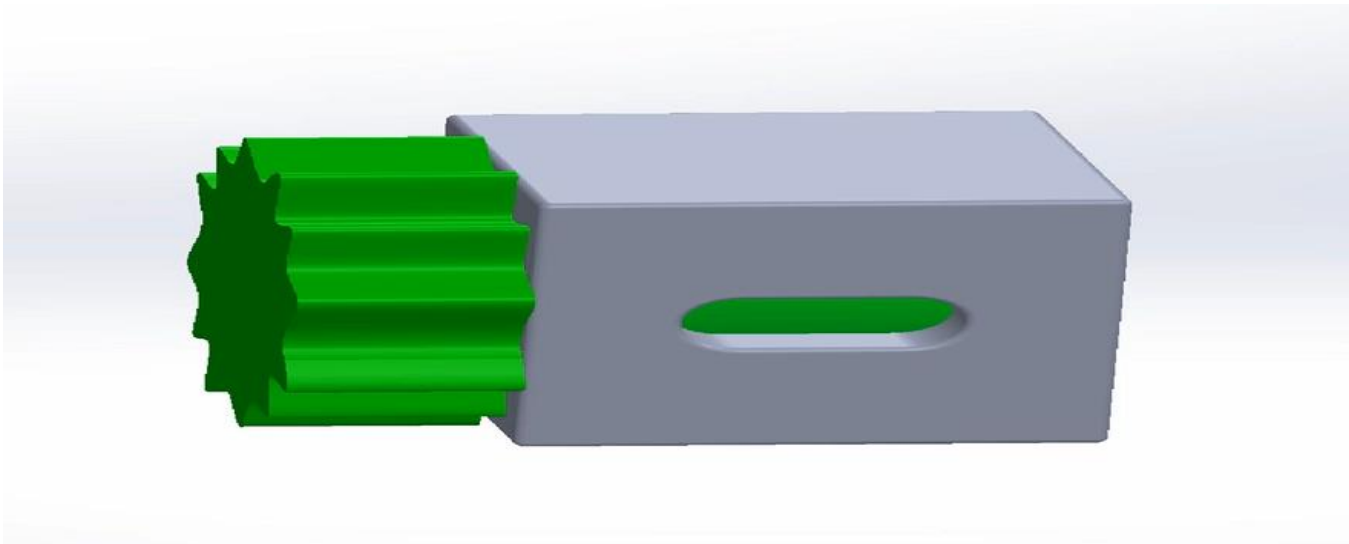
→ 10 liaisons parfaites (tableau) → **A CONNATRE PAR CŒUR !!!**

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison PIVOT

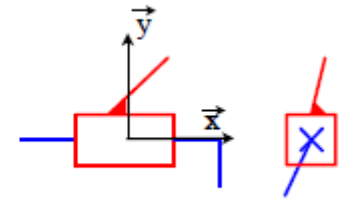
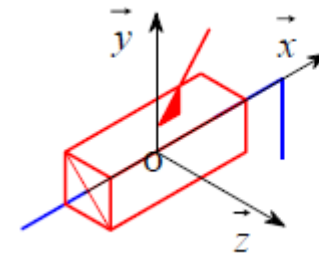
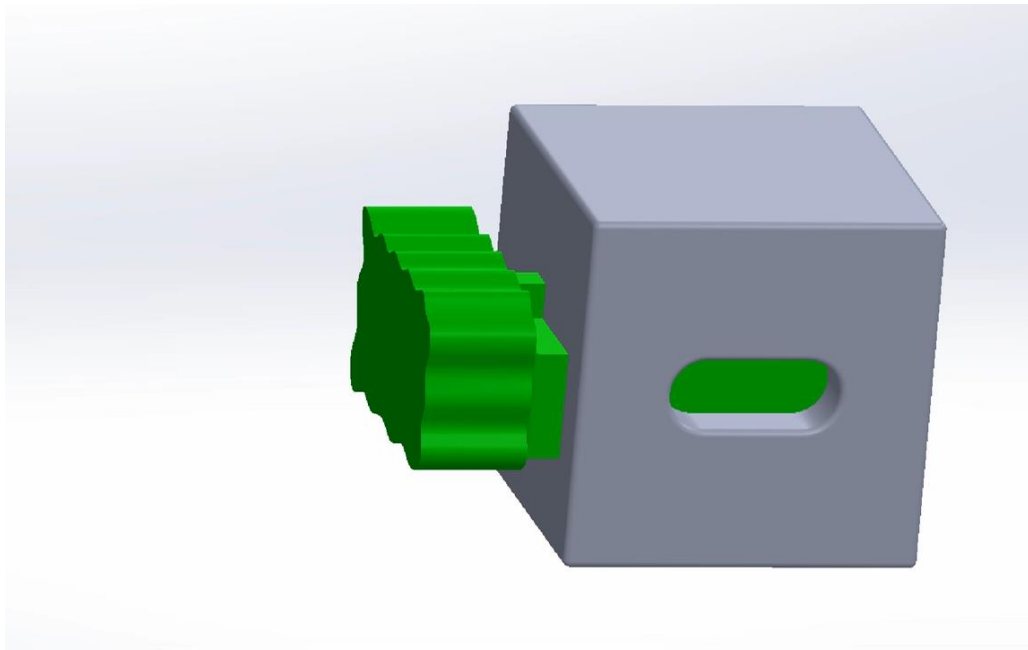


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison GLISSIERE

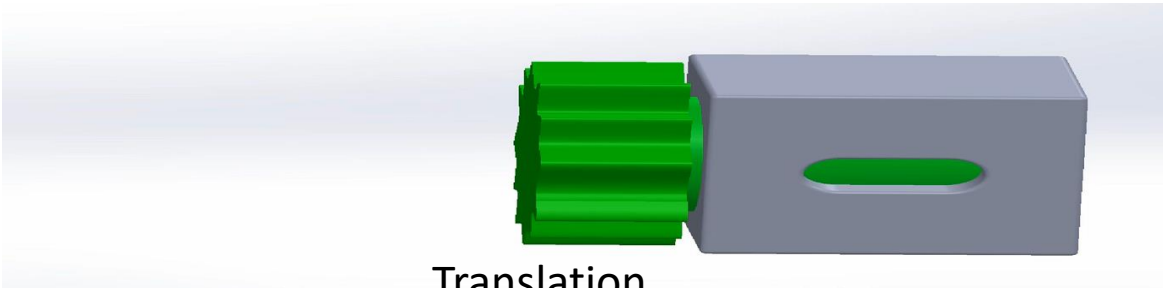
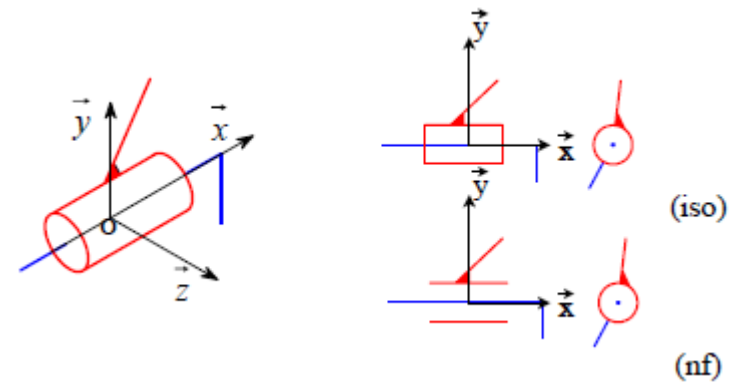


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

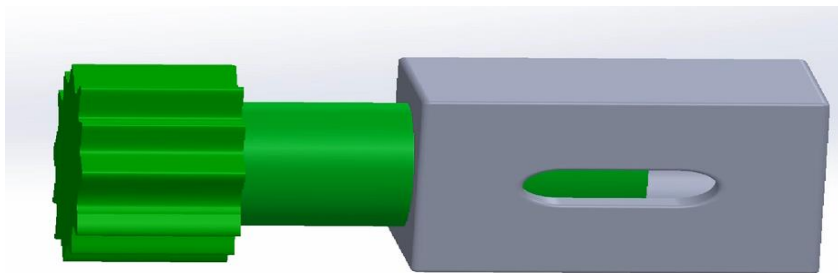
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

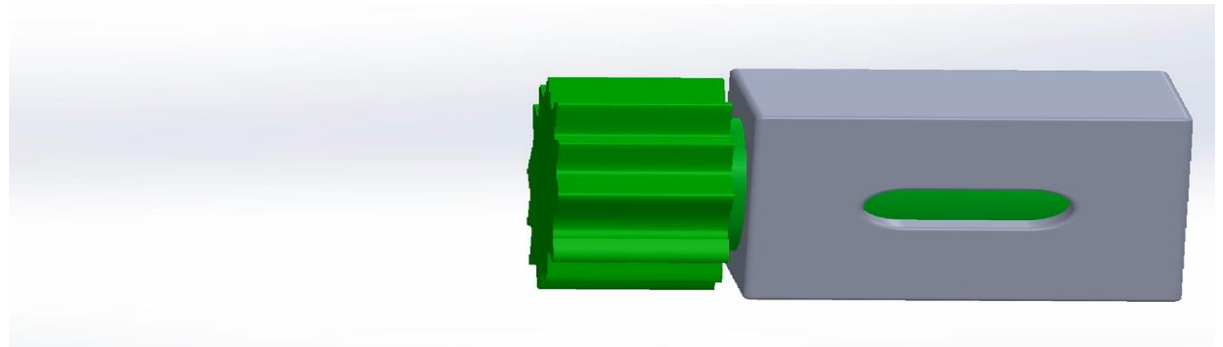
Liaison PIVOT GLISSANT



Translation



Rotation

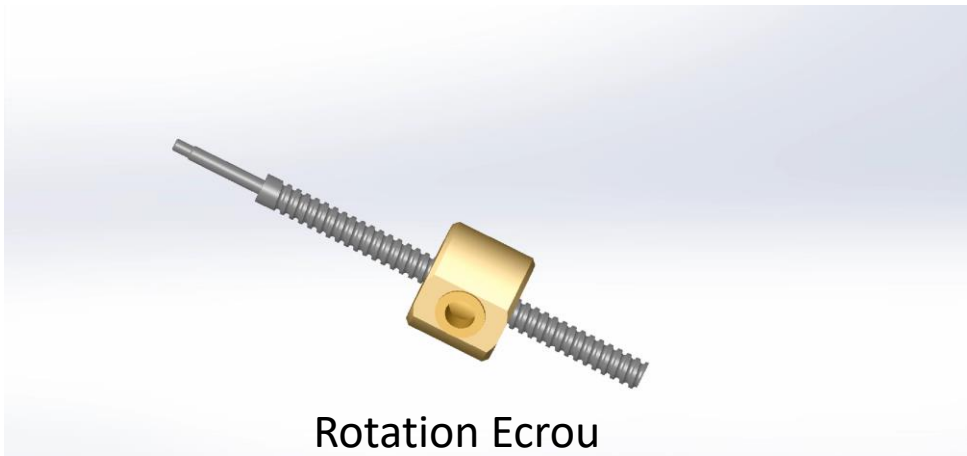
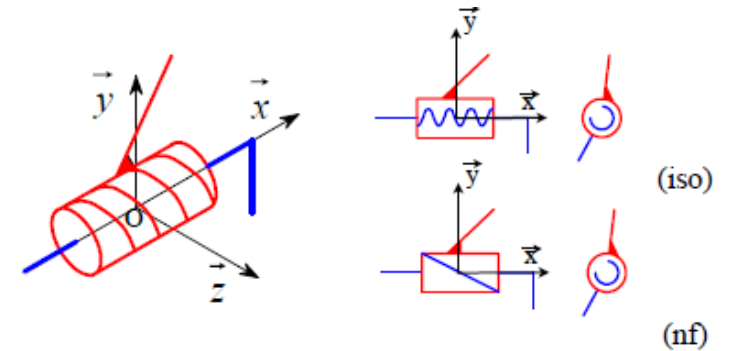


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

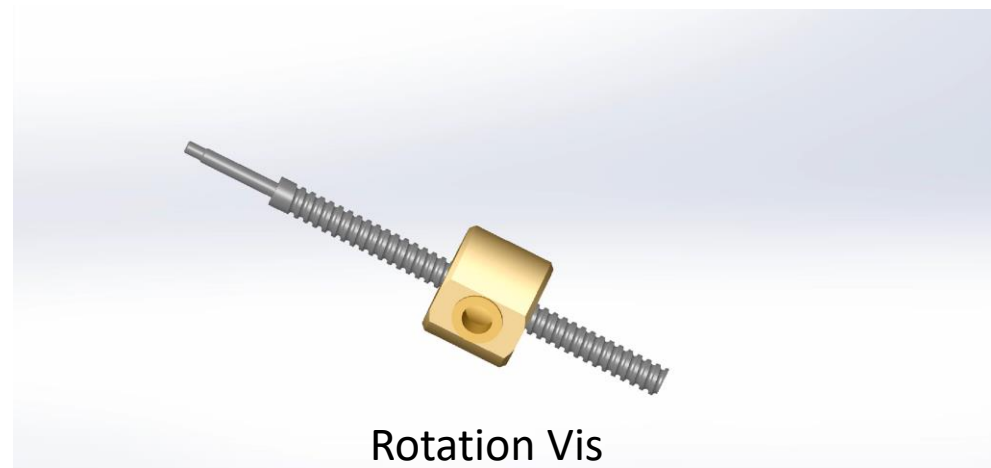
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison HELICOÏDALE



Rotation Ecrou



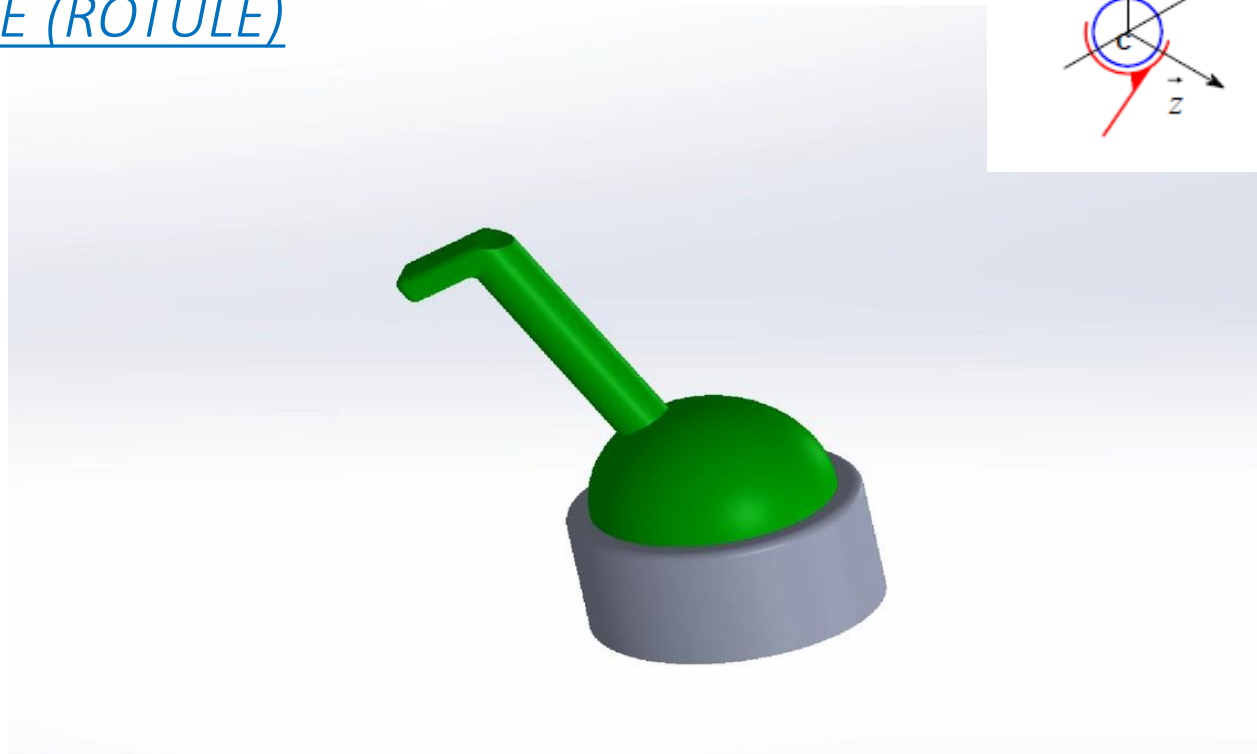
Rotation Vis

Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison SPHERIQUE (ROTULE)

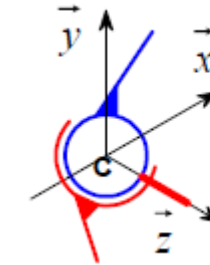
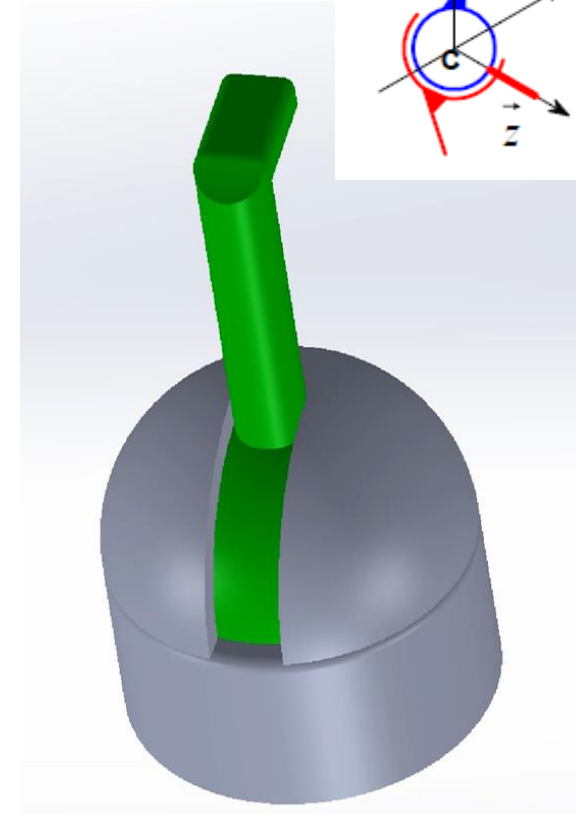
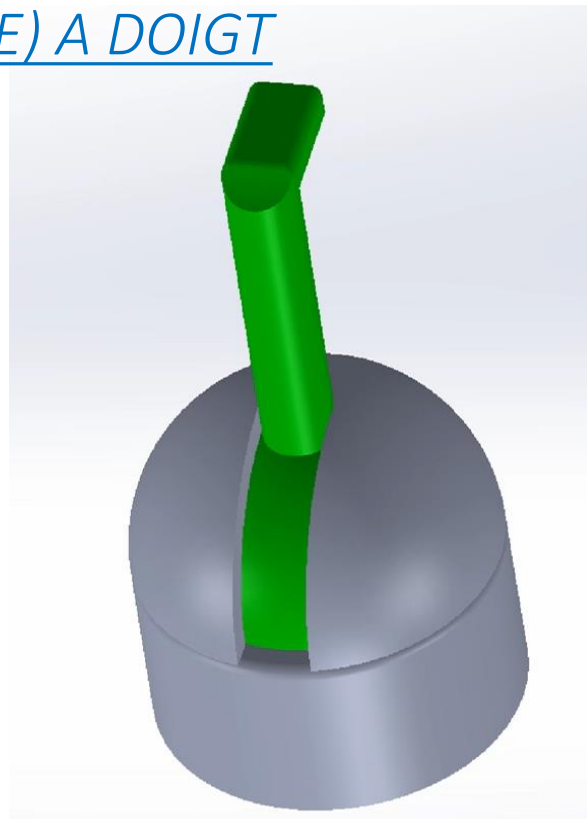


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison SPHERIQUE (ROTULE) A DOIGT

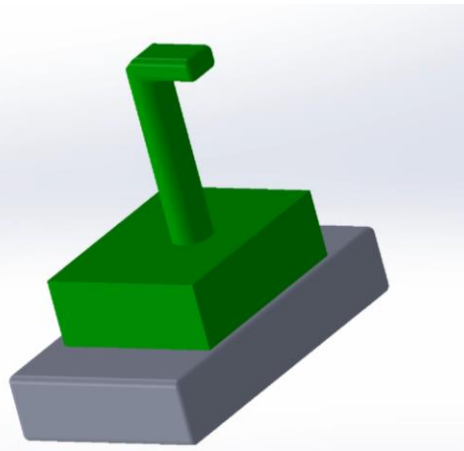
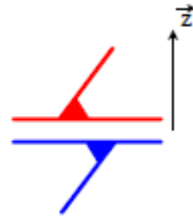
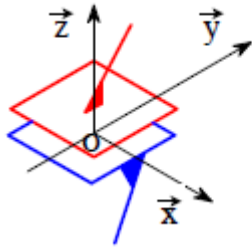


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

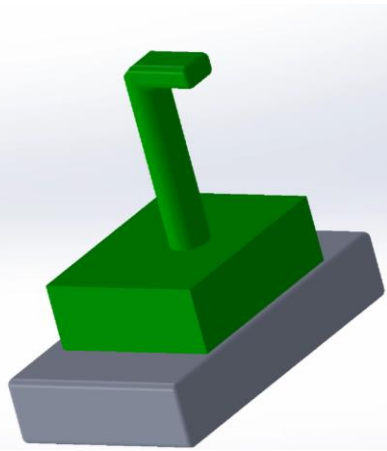
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

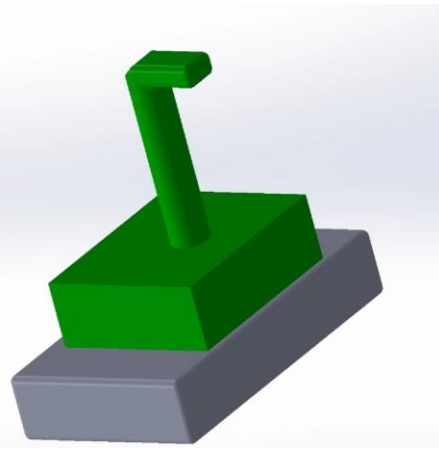
Liaison APPUI PLAN



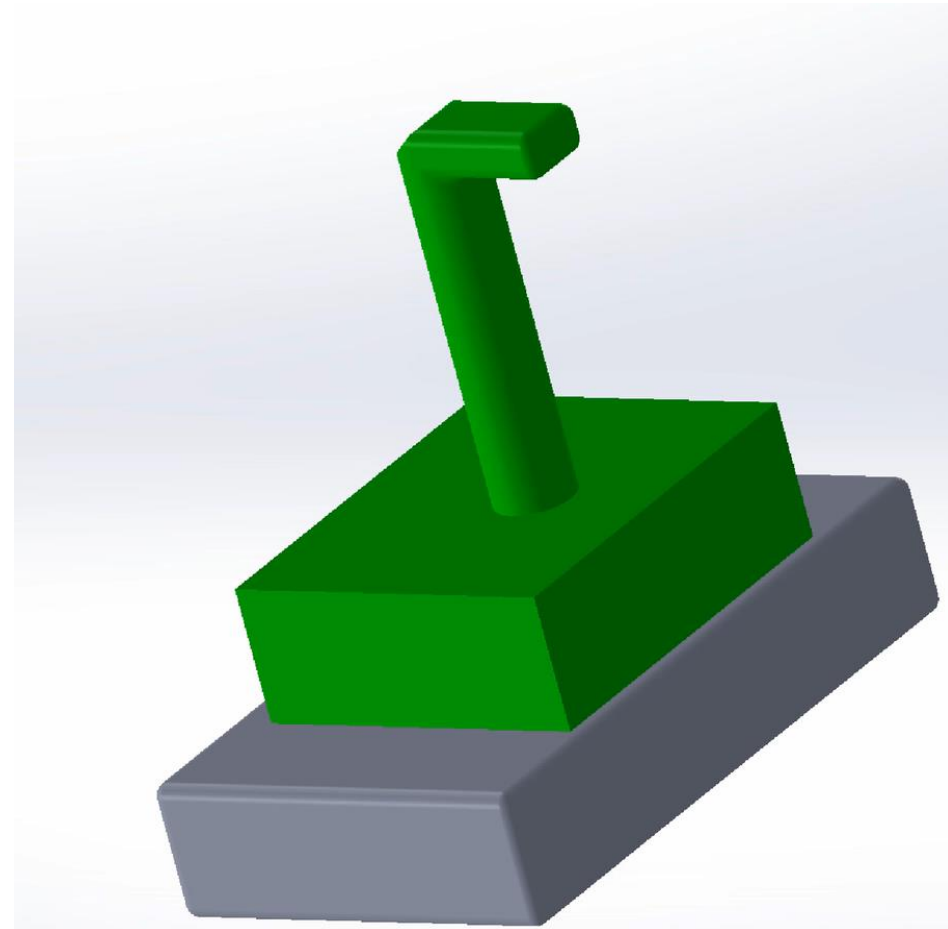
Rotation



Translation X



Translation Y

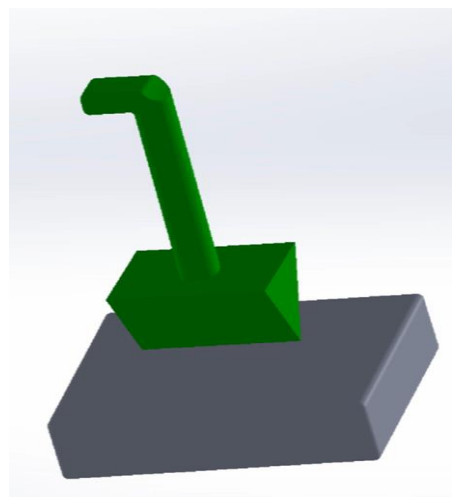
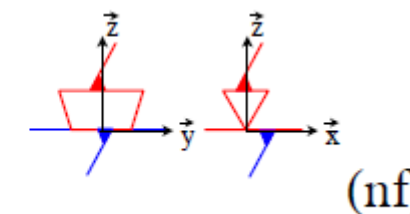
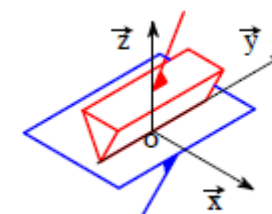


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

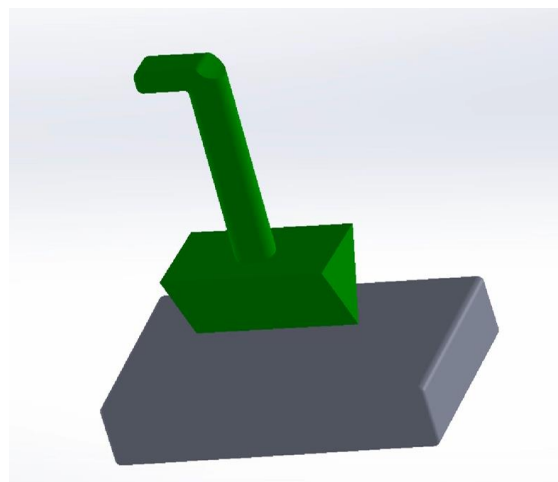
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

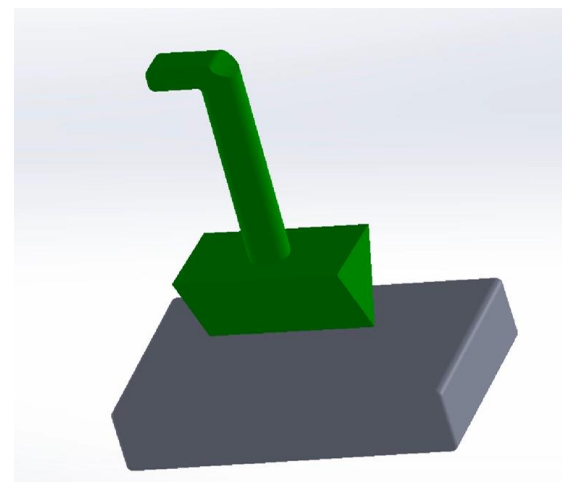
Liaison CYLINDRE-PLAN (LINEAIRE RECTILIGNE)



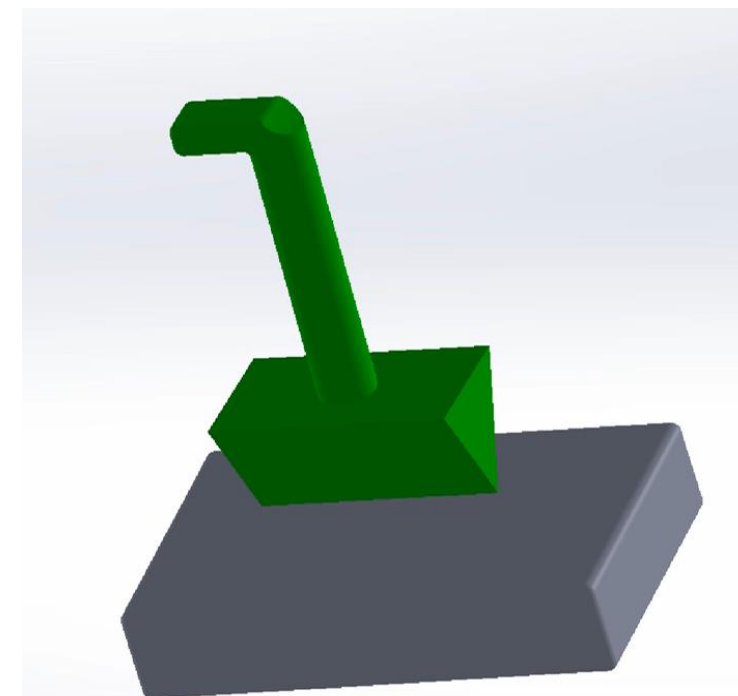
Rotation X



Rotation Y



Translations

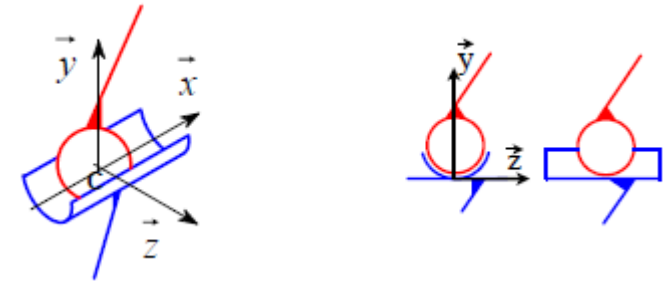


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

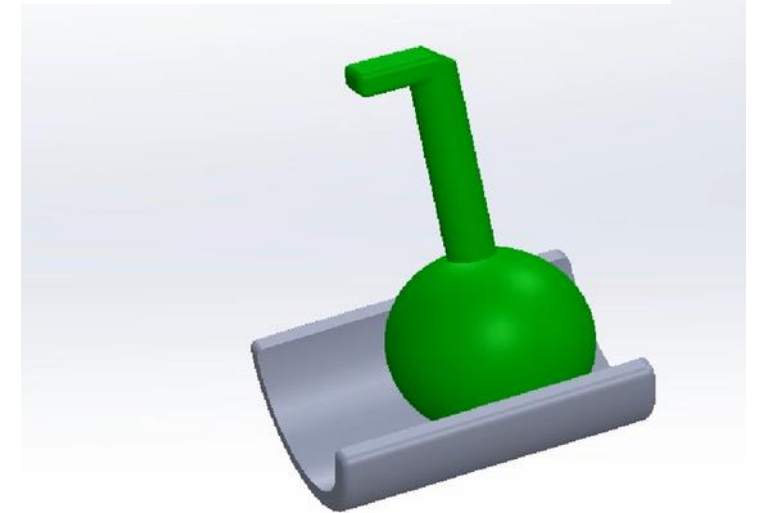
Liaison SPHERE-CYLINDRE (LINEAIRE ANNULAIRE)



Rotations



Translation

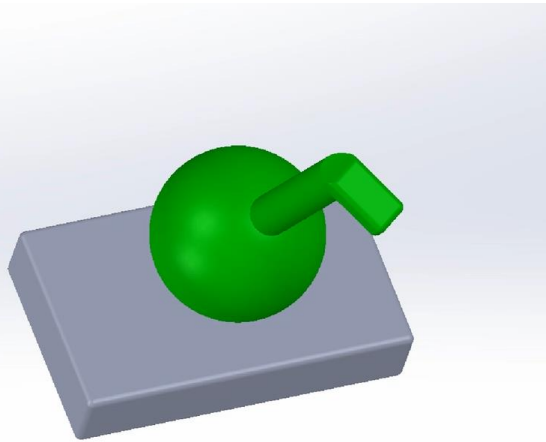
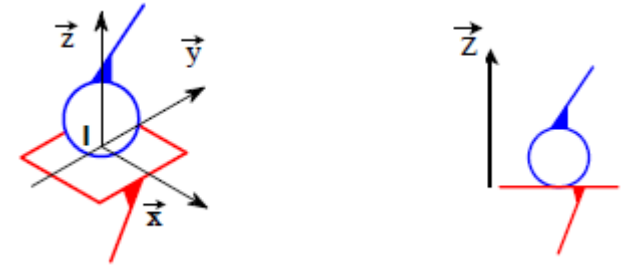


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

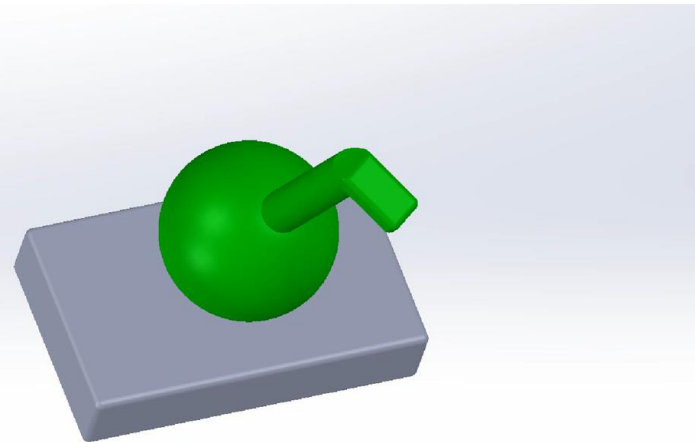
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

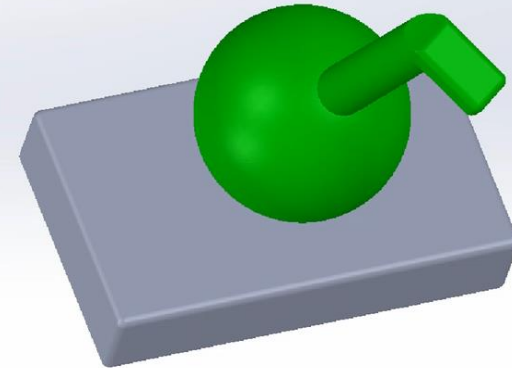
Liaison SPHERE-PLAN (PONCTUELLE) (Boule)



Rotations



Translations

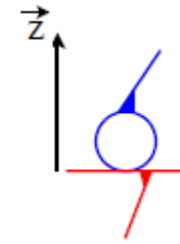
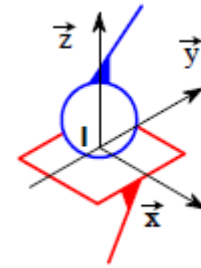


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

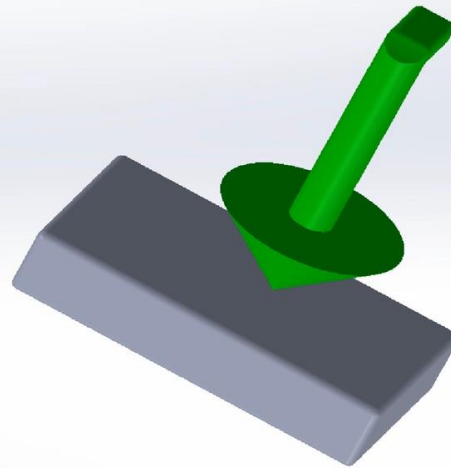
La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

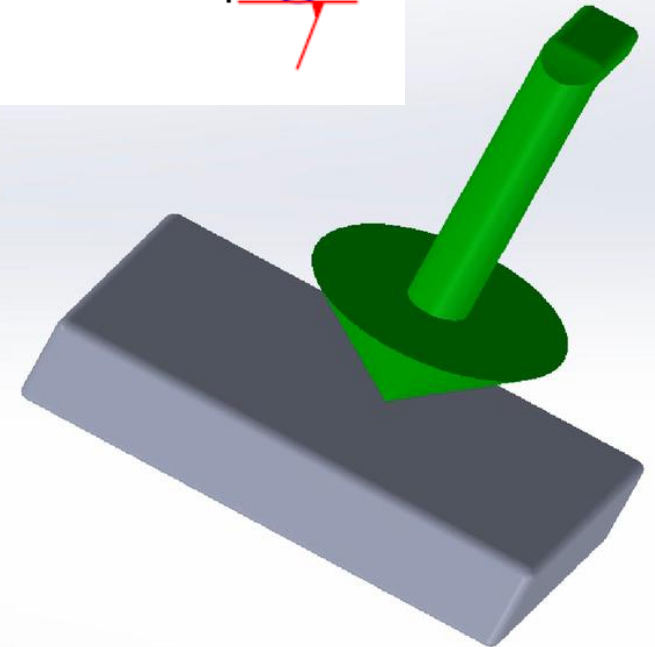
Liaison SPHERE-PLAN (PONCTUELLE) (Cône)



Rotations



Translations

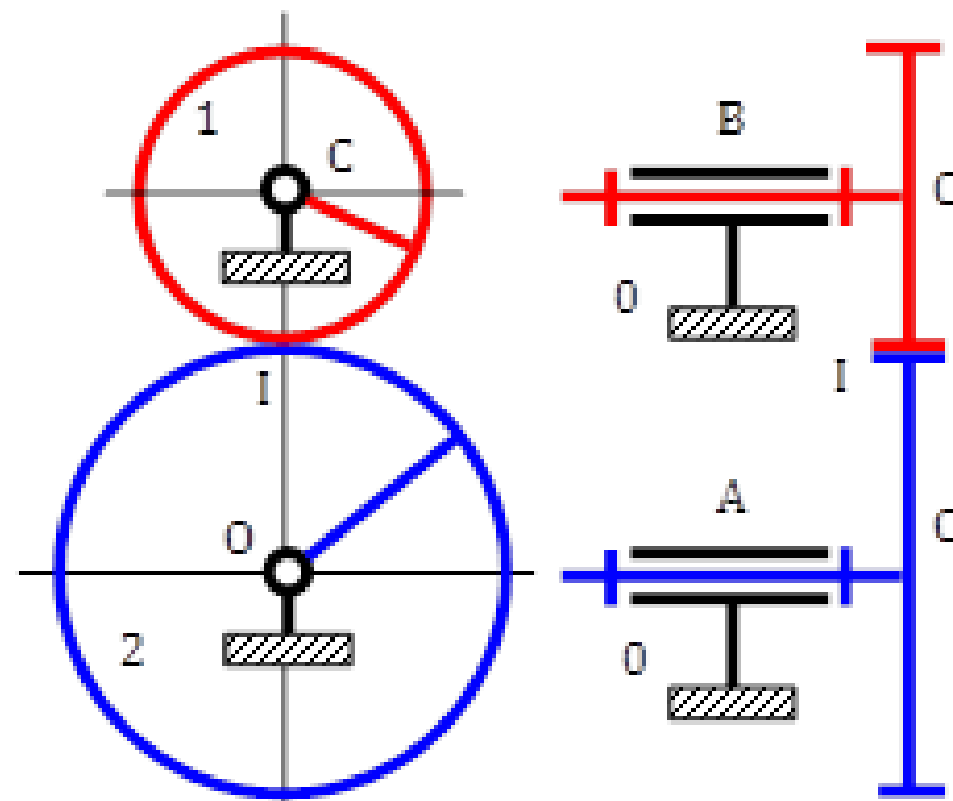
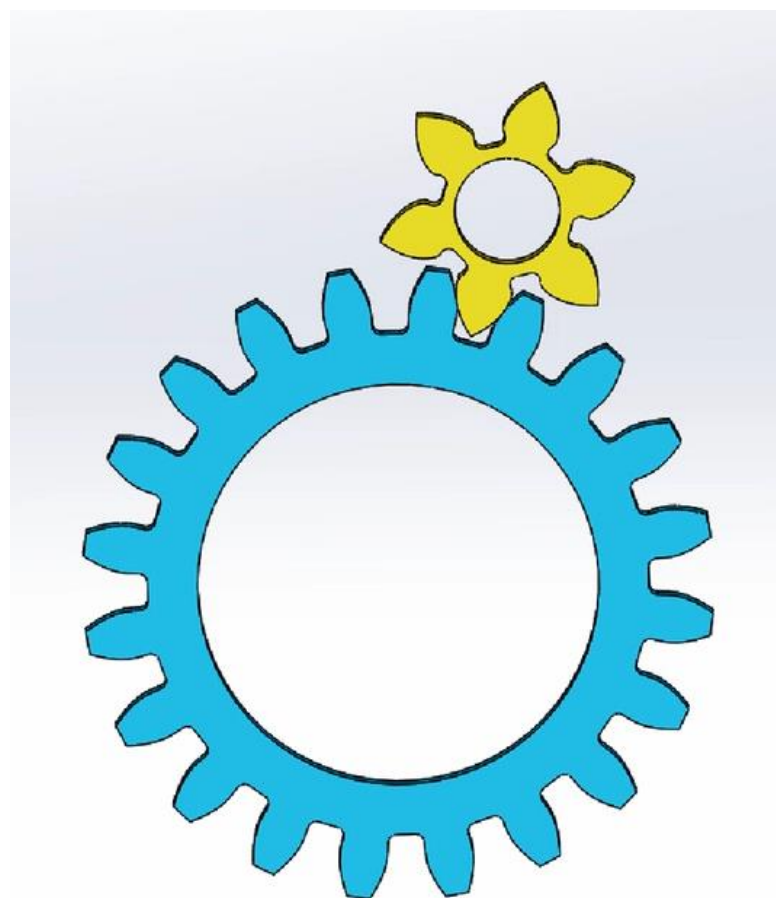


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison ENGRENAGE

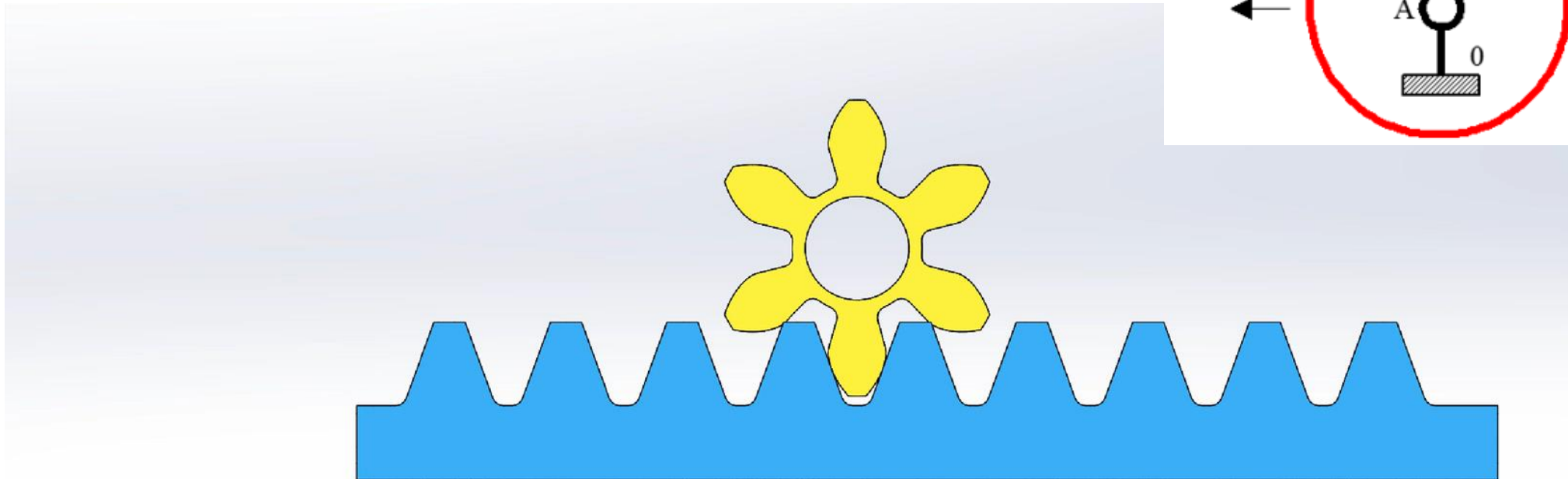


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Liaison PIGNON-CREMAILLERE

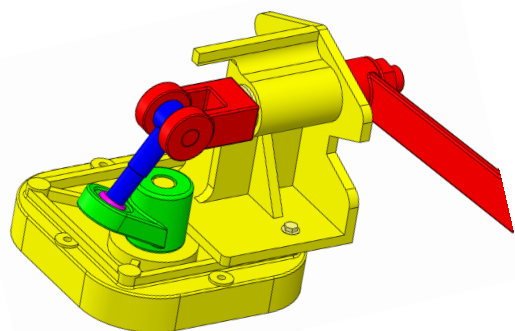


Le mécanisme, un ensemble de solides et de liaisons

La liaison, modélisation du mouvement relatif

Liaisons parfaites

Question 4 : Identifier les liaisons associées aux contacts



Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$

Entre les sous-ensembles	Contacts		DDL		Nombre de		Liaison normalisée
	Nombre	Zone(s)			R	T	
S_0 et S_1	2	Surface cylindrique + Surface plane	R _x R _y R _z	T _x T _y T _z	1	0	Liaison PIVOT (O,x)
S_1 et S_2	1	Surface sphérique	R _x R _y R _z	T _x T _y T _z	3	0	Liaison ROTULE (A)
S_2 et S_3	1	Surface cylindrique	R _{x3} R _{y3} R _{z3}	T _{x3} T _{y3} T _{z3}	1	1	Liaison PIVOT GLISSANT (A/B,x ₃)
S_3 et S_4	2	Surface cylindrique + Surface plane	R _{x4} R _{y4} R _{z4}	T _{x4} T _{y4} T _{z4}	1	0	Liaison PIVOT (B,y ₄)
S_4 et S_0	2	Surface cylindrique + Surface plane	R _x R _y R _z	T _x T _y T _z	1	0	Liaison PIVOT (C,z)

Les outils de représentation d'un mécanisme

2 outils pour représenter le mécanisme :

- le graphe de liaisons
- le schéma cinématique minimal

Les outils de représentation d'un mécanisme

Le graphe de liaisons ou graphe de structure

Le graphe de liaison → outil de représentation de mécanisme.

Il est composé de :

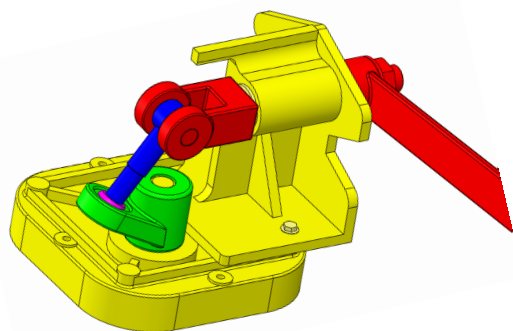
- Sommets → différentes classes d'équivalence cinématique du mécanisme
- Arcs → liaisons entre les classes

Question 5 : Dessiner le graphe des liaisons de la barrière sinusmatic

Les outils de représentation d'un mécanisme

Le graphe de liaisons ou graphe de structure

Question 5 : Dessiner le graphe des liaisons de l barrière sinusmatic



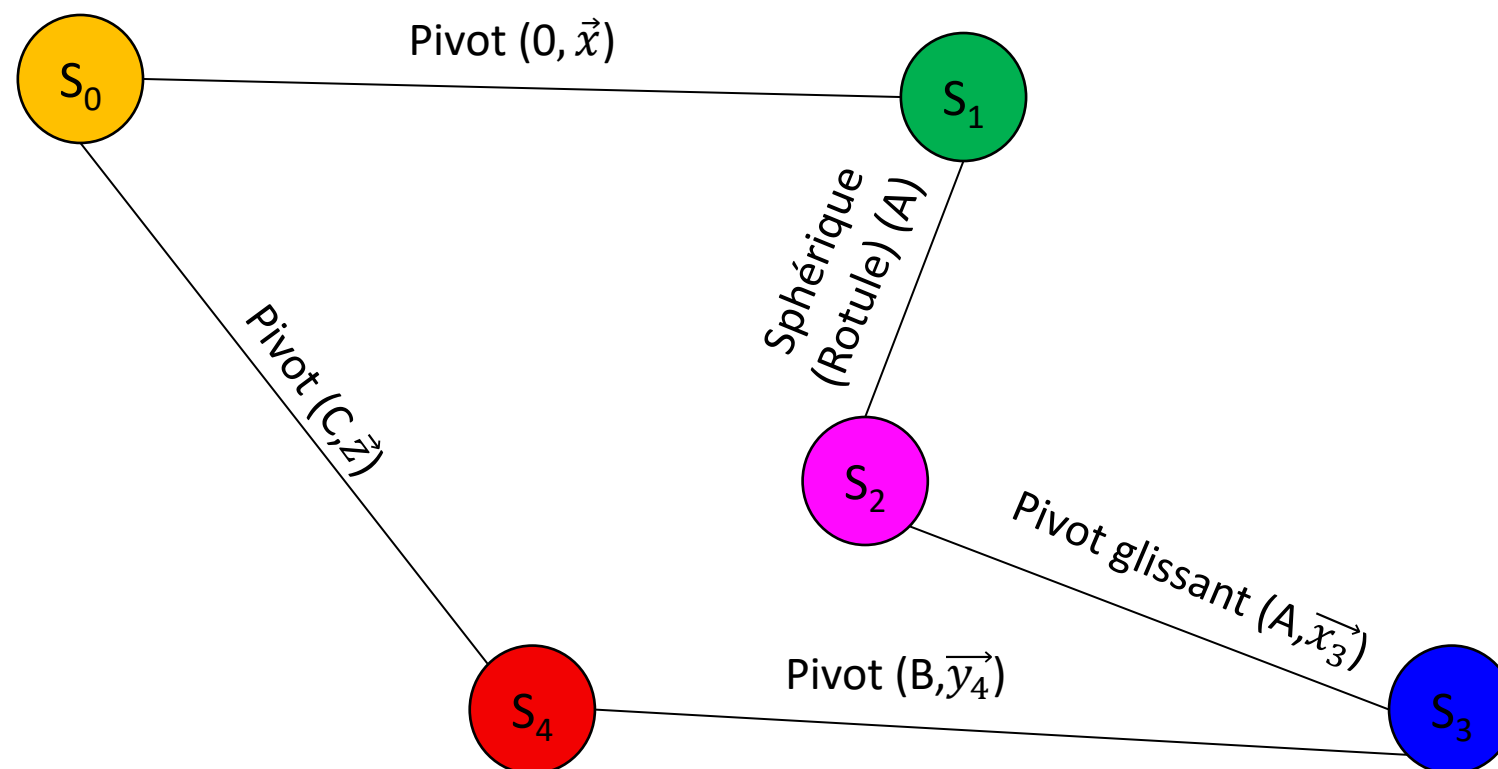
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Schéma cinématique → outil de représentation géométrique de mécanisme.

Il est composé :

- Symboles des différentes liaisons entre les classes d'équivalence cinématique du mécanisme
- Lignes reliant ces symboles, qui représentent les classes d'équivalence cinématique

→ Représentation géométrique du mécanisme : Propriétés géométriques sont respectées (parallélisme, perpendicularité, position relative, etc.).

→ Chaque liaison → repère local associé au contact + se situe dans un repère global de référence
→ Positionner les liaisons les unes par rapport aux autres + donner ainsi un sens au mécanisme.

→ Schéma cinématique → configuration générale du mécanisme + compréhension du fonctionnement du mécanisme.

Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Méthode de tracé du schéma cinématique :

Sur les repères locaux associés aux zones de contact, dessiner correctement les symboles de chacune des liaisons, selon ses caractéristiques (axe, direction, centre, normale) et en respectant le code couleurs des sous-ensembles cinématiquement liés.

Attention à choisir le bon symbole suivant la vue.

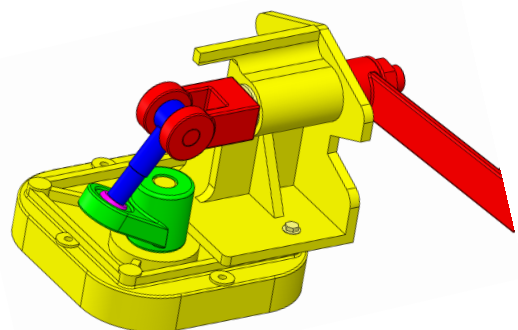
Relier ensuite les liaisons avec les bonnes couleurs.

Question 6 : Dessiner le schéma cinématique de la barrière sinusmatic

Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question 6 : Dessiner le schéma cinématique de la barrière sinusmatic



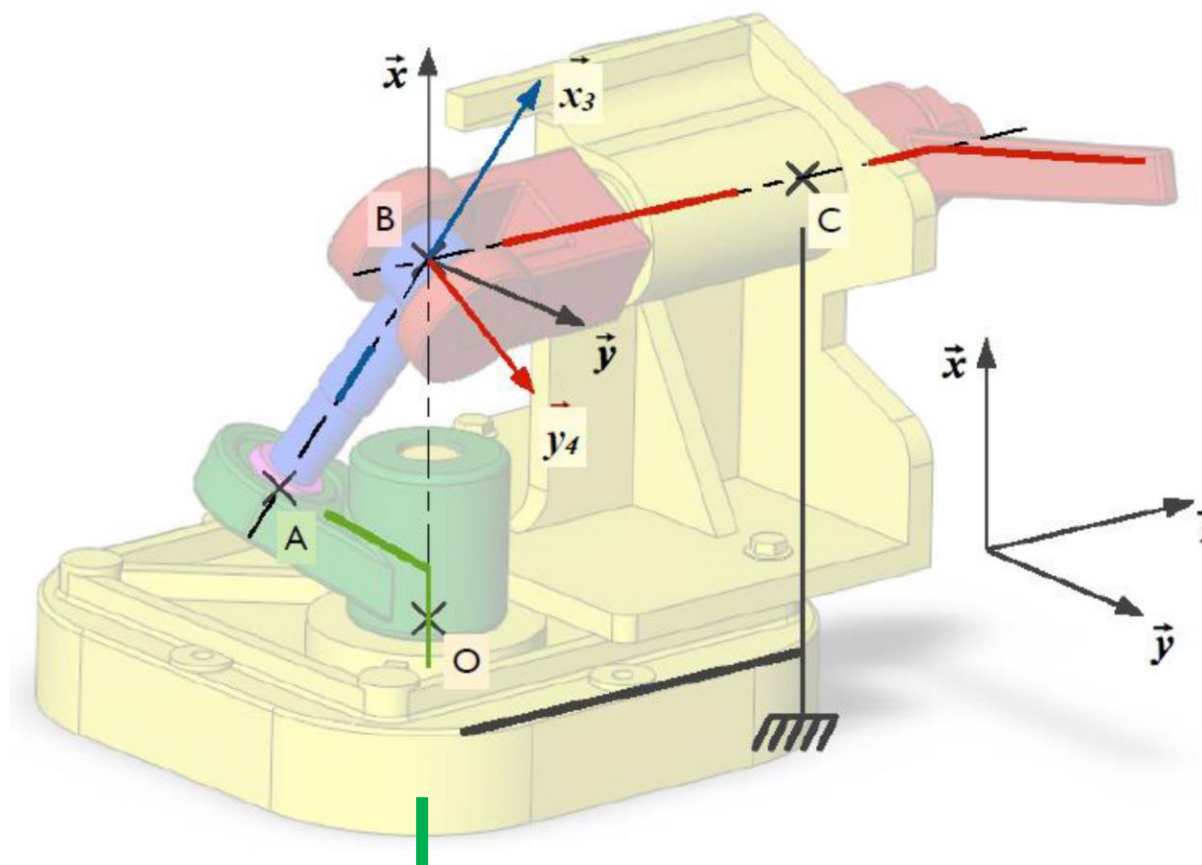
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

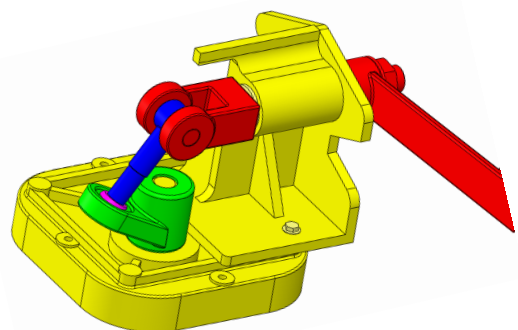
Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Le schéma cinématique minimal

Question 6 : Dessiner le schéma cinématique de la barrière sinusmatic



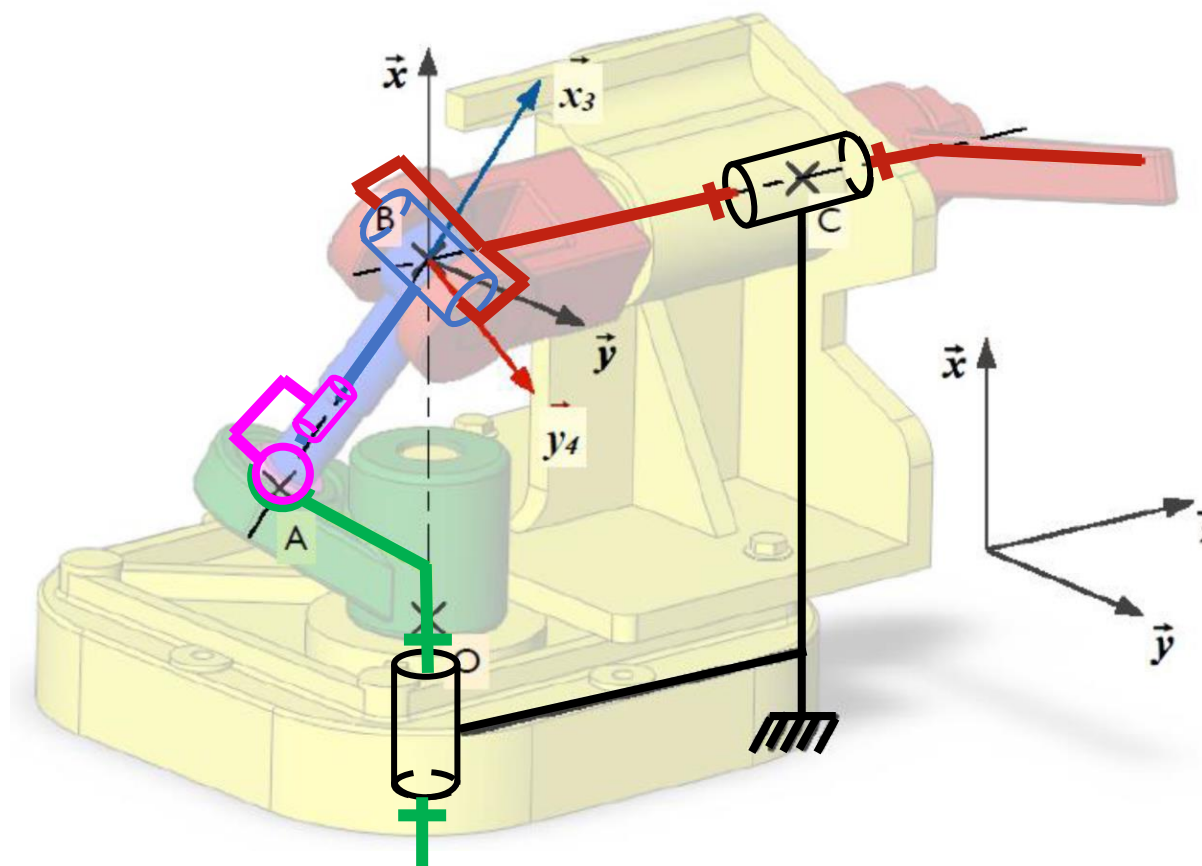
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $s_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

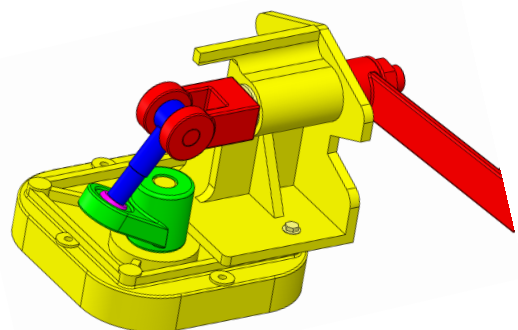
Arbre de lice $S_4 = \{2, 7, 8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question 6 : Dessiner le schéma cinématique de la barrière sinusmatic



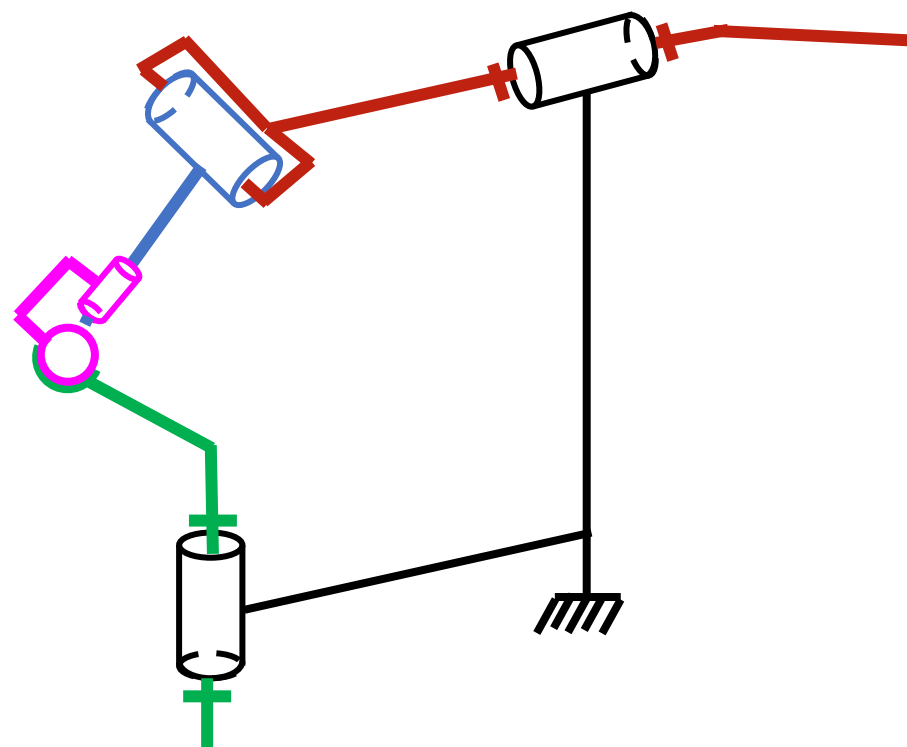
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

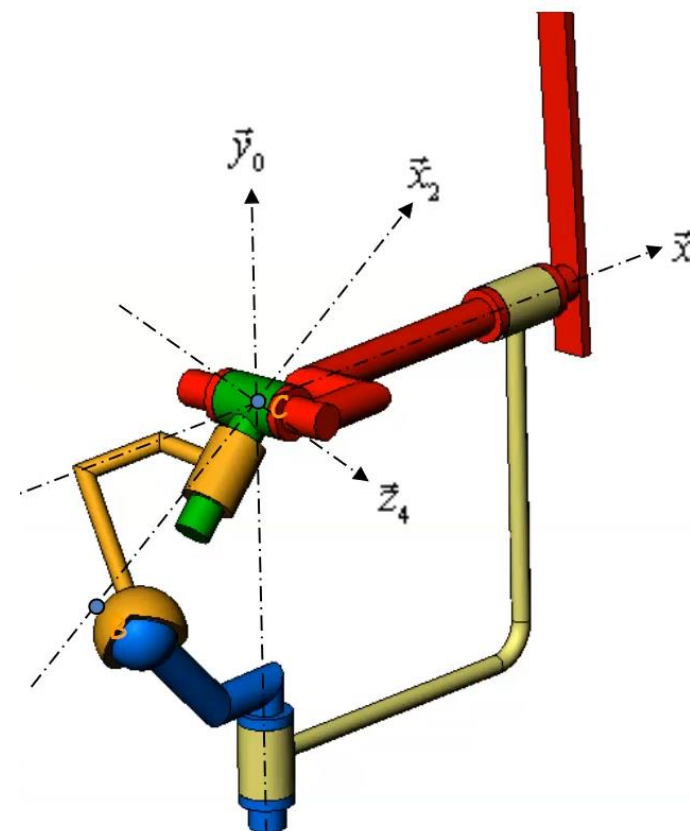
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Le schéma cinématique minimal

A 3D CAD model of a mechanical assembly. It features a yellow base plate with a central green cylindrical component. A blue rod is inserted through the green cylinder and is secured with a red nut and washer. A red handle is attached to the end of the blue rod. The entire assembly is mounted on a yellow base plate with several mounting holes.

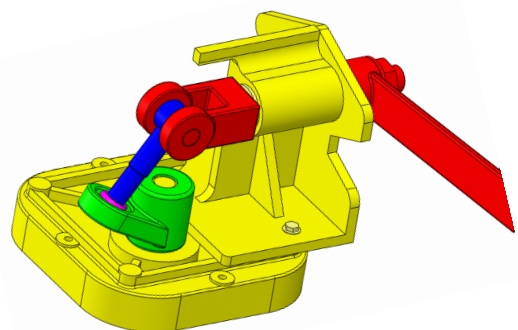
Arbre de lice $S_4 = \{2, 7, 8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question 6 : Dessiner le schéma cinématique de la barrière sinusmatic



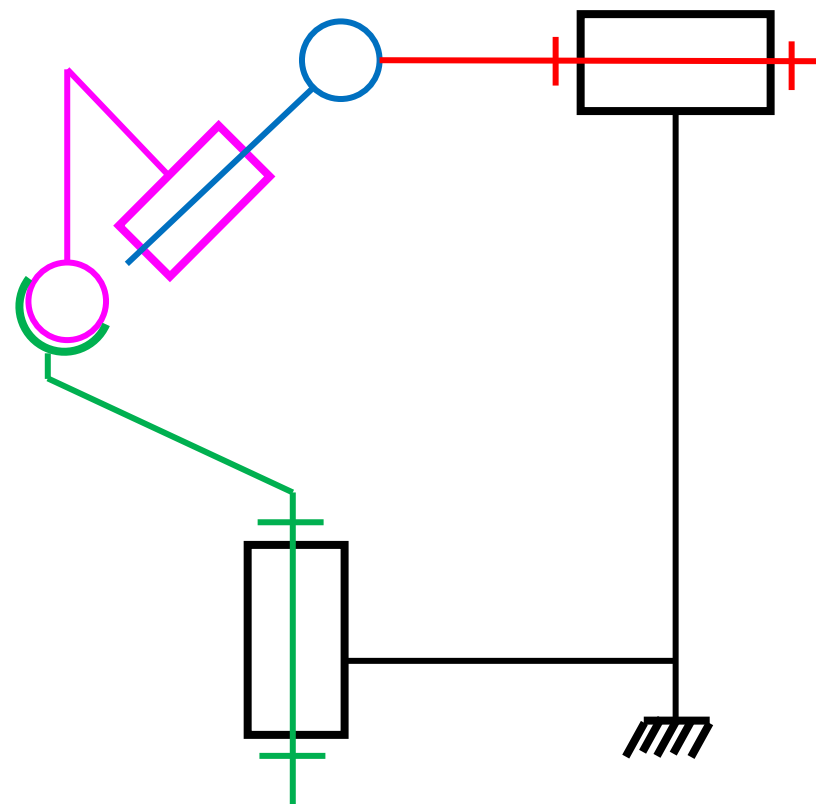
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

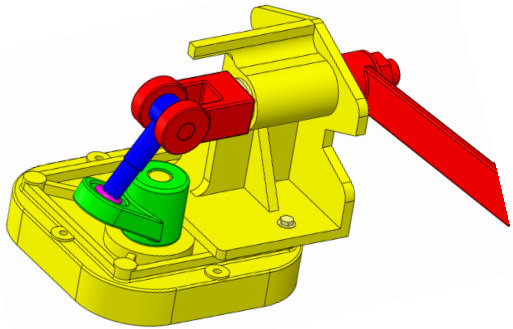
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



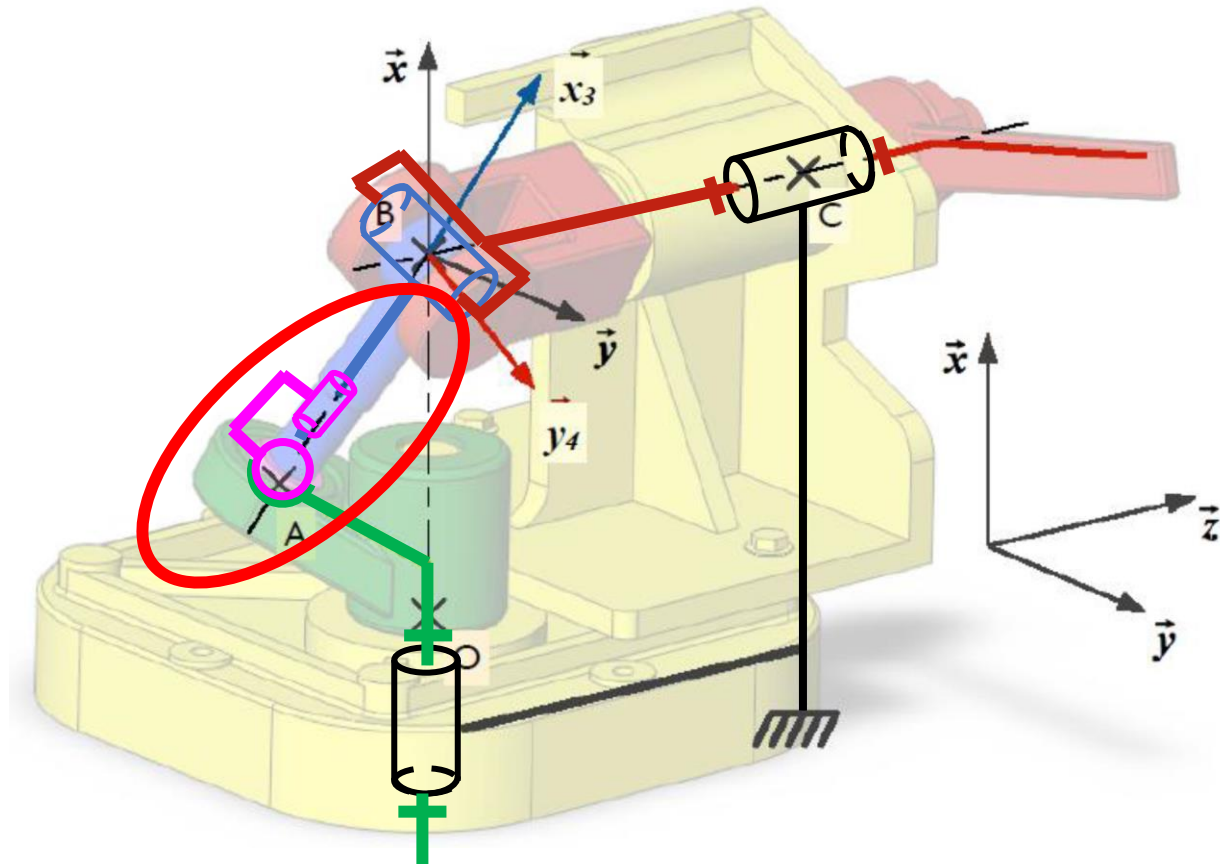
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

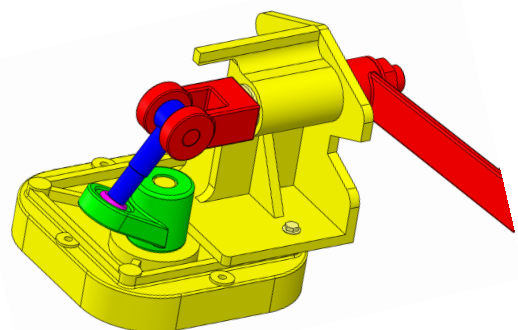
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



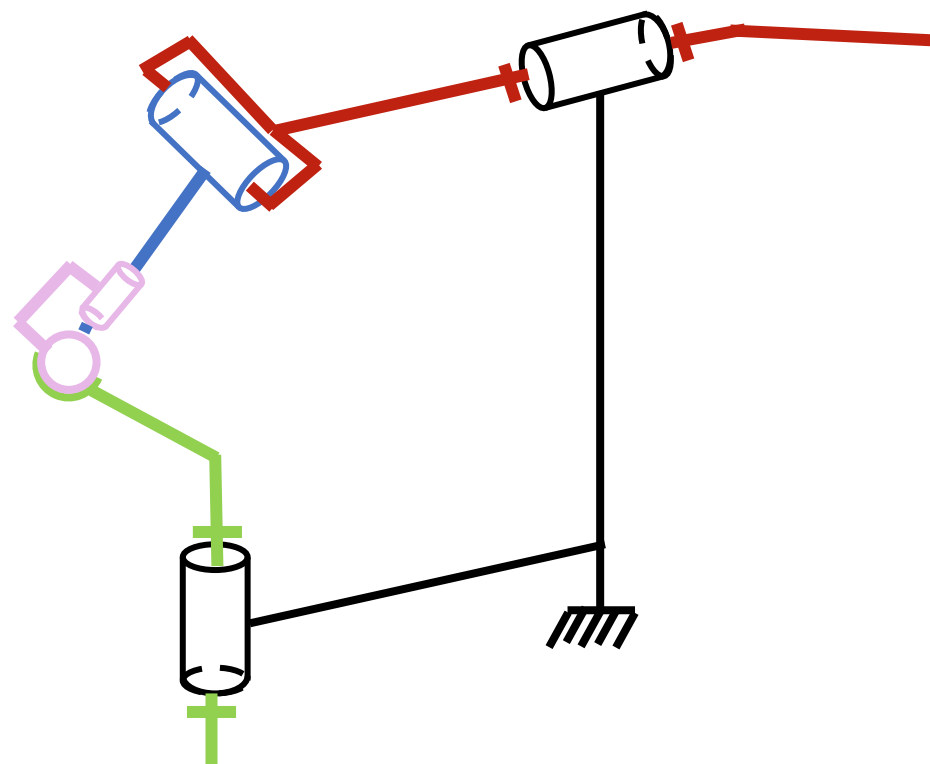
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

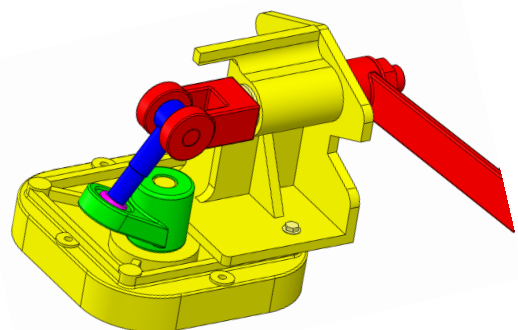
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



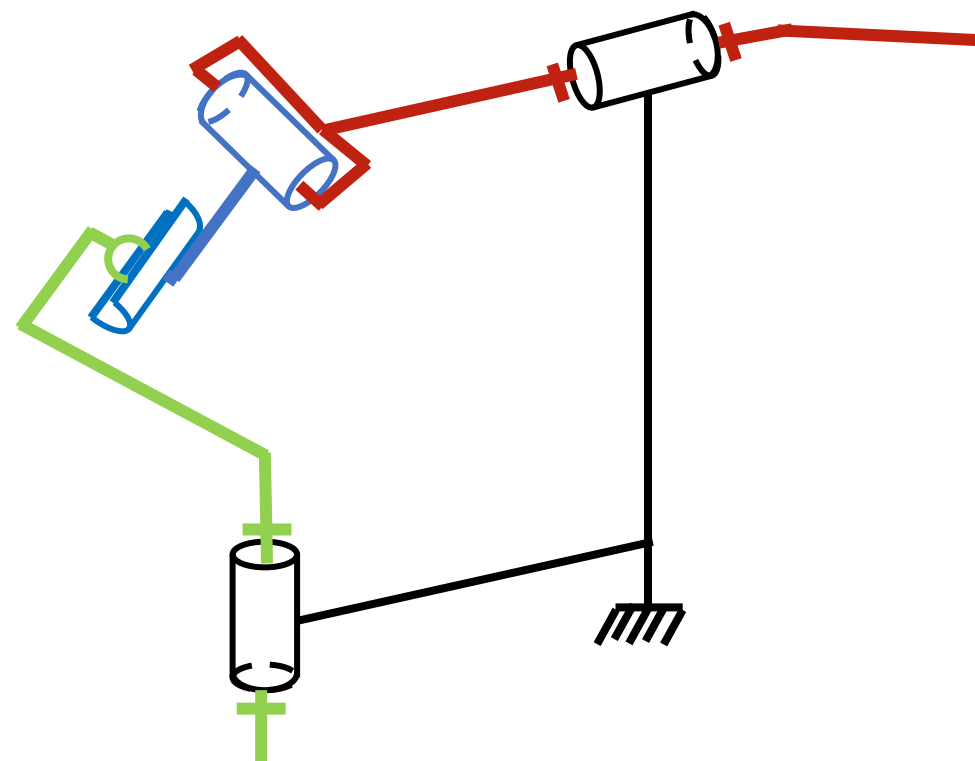
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

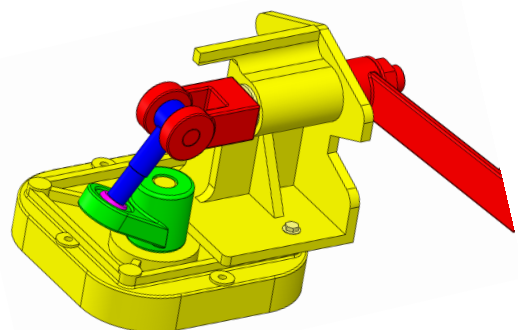
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



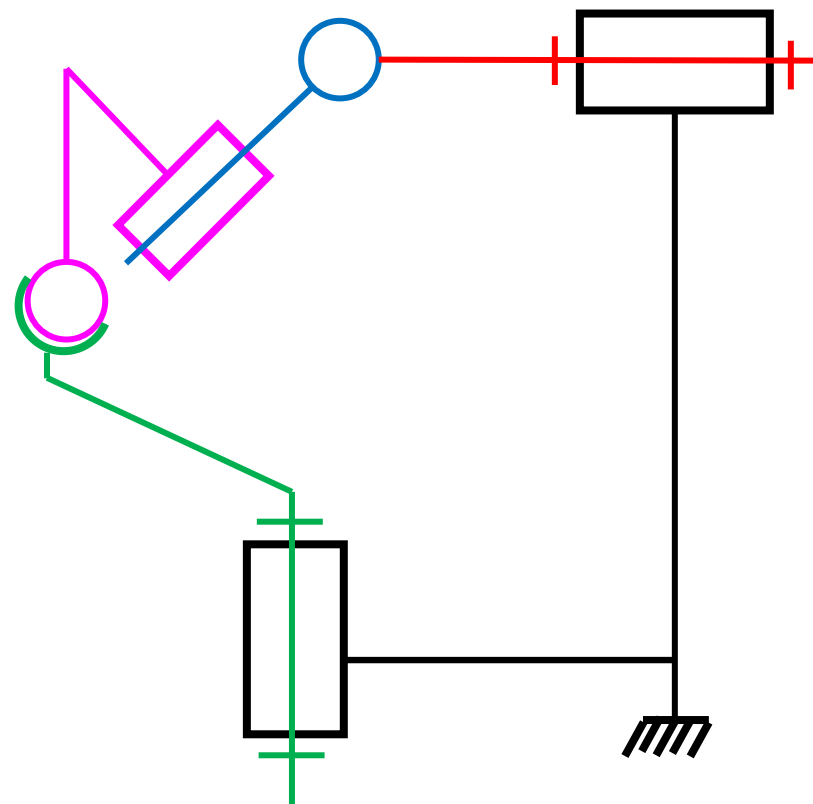
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

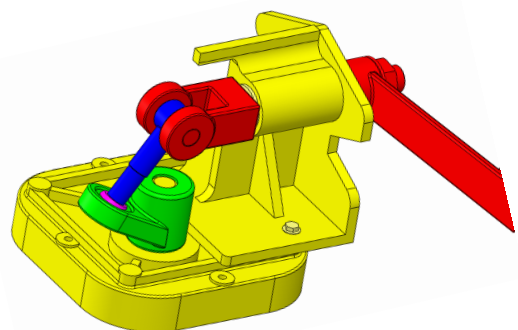
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



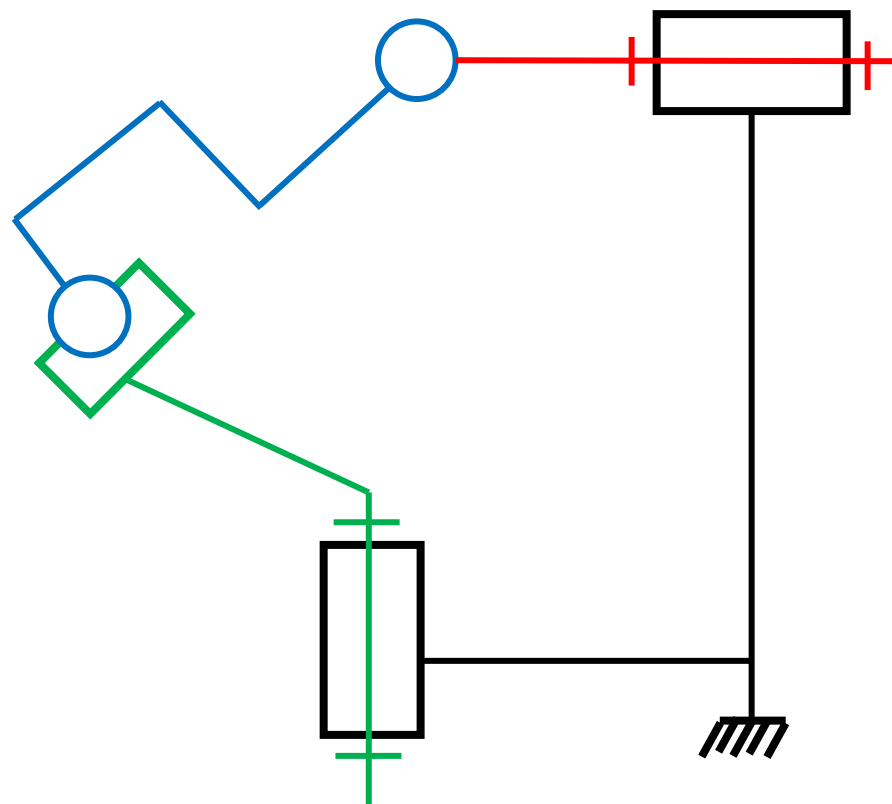
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

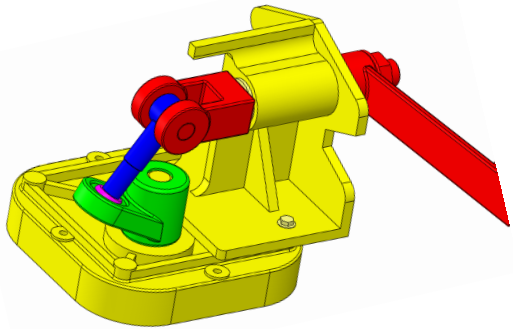
Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Le schéma cinématique minimal

Question : Quelle est la liaison équivalente entre S_1 et S_3 ?



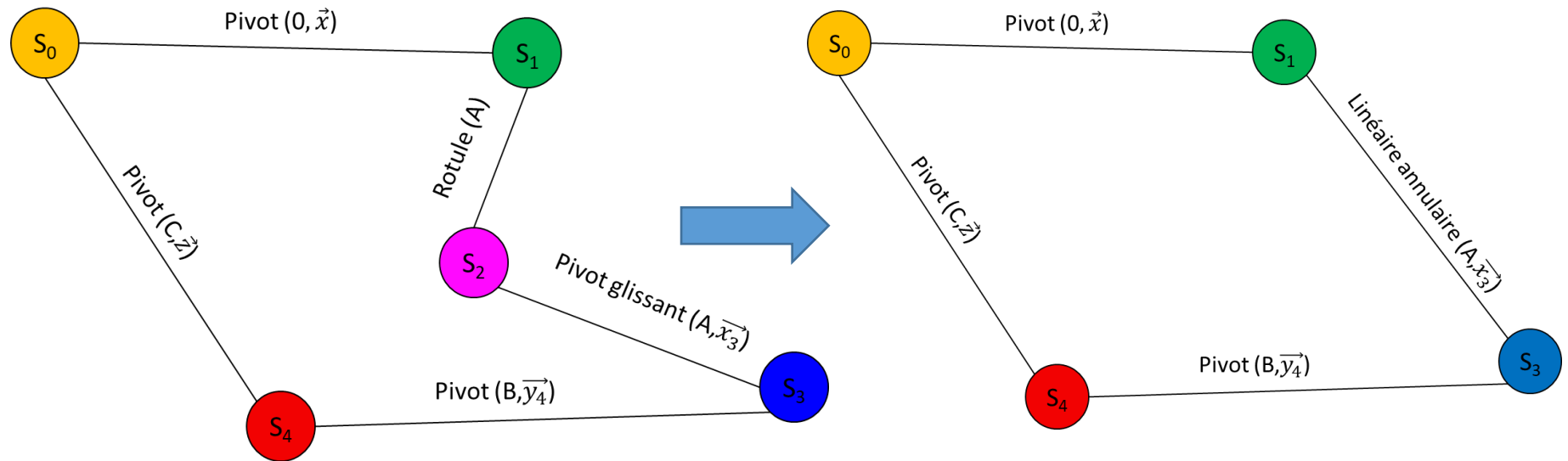
Bâti $S_0 = \{0,1,9,10,11\}$

Arbre d'entrée $S_1 = \{4,5\}$

Rotule $S_2 = \{6\}$

Arbre intermédiaire $S_3 = \{3\}$

Arbre de lice $S_4 = \{2,7,8\}$



Les outils de représentation d'un mécanisme

Les avantages de chaque outil

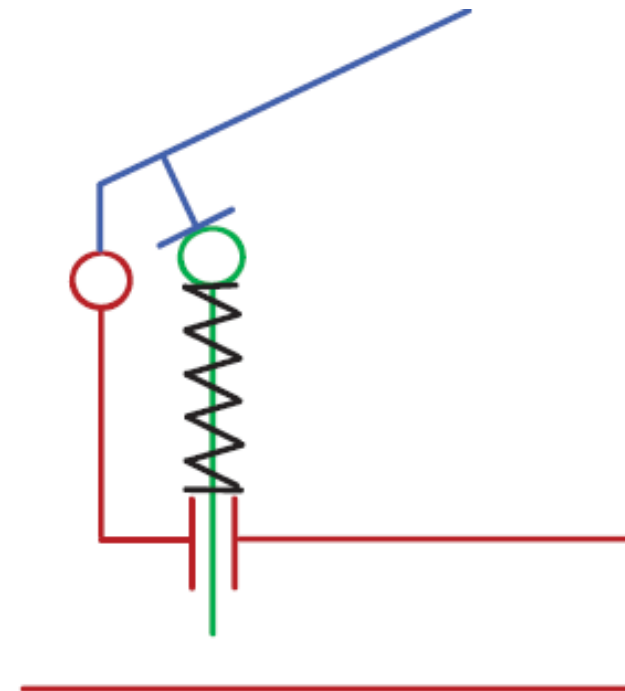
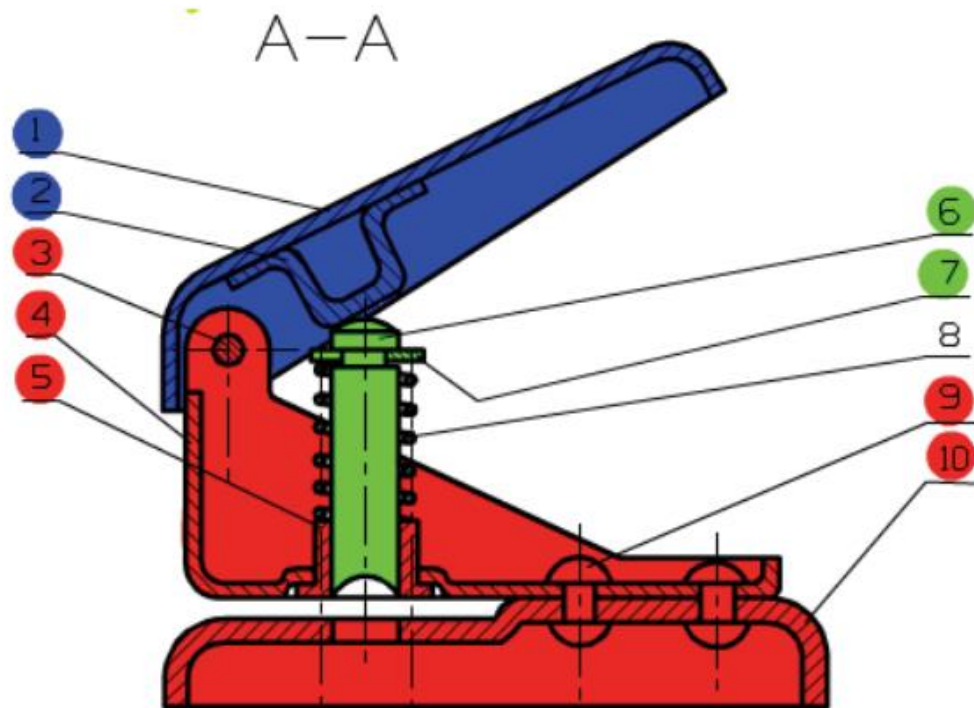
Schéma cinématique → représentation plus complète du mécanisme
+ plus représentative de la réalité.

Graphe de liaison → représentation plus simple (études statiques).

Les outils de représentation d'un mécanisme

Exemples de schéma cinématiques

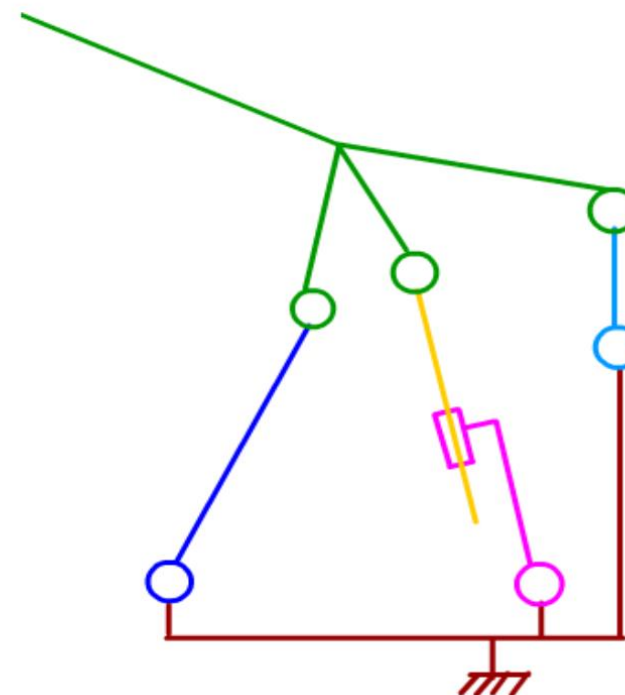
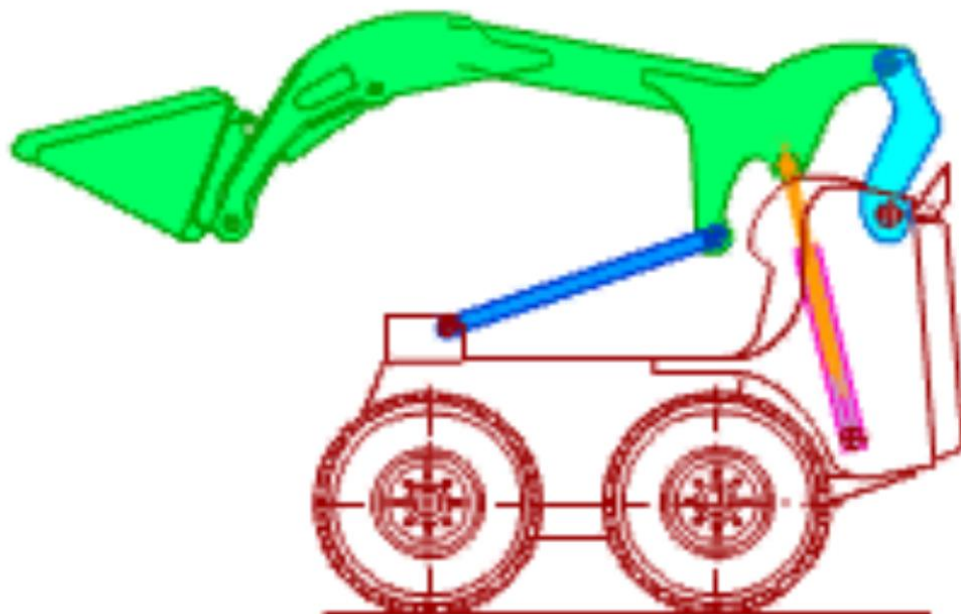
Perforateur 2 trous



Les outils de représentation d'un mécanisme

Exemples de schéma cinématiques

Chargeur Bobcat

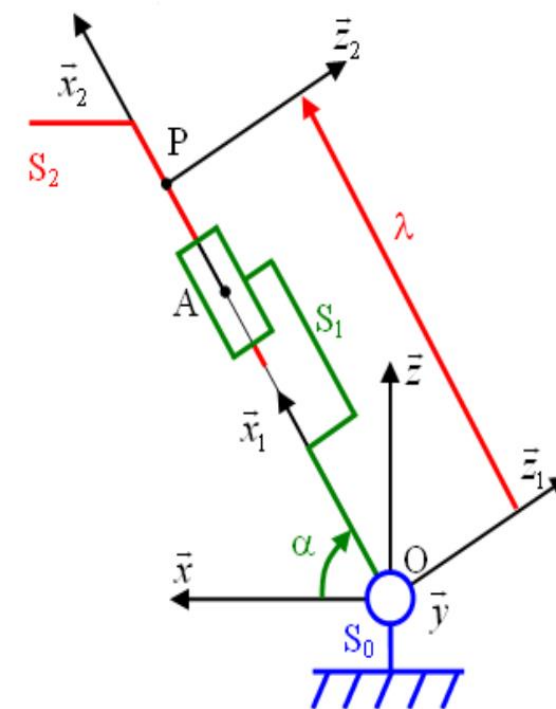
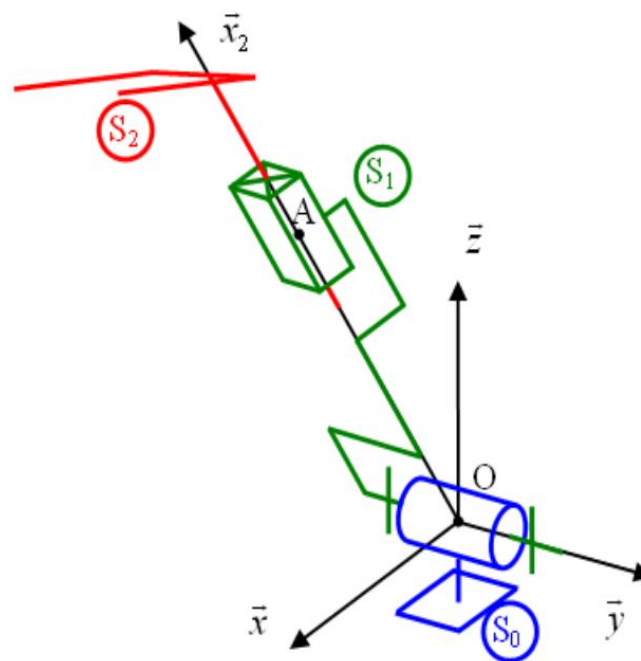


Les outils de représentation d'un mécanisme

Exemples de schéma cinématiques



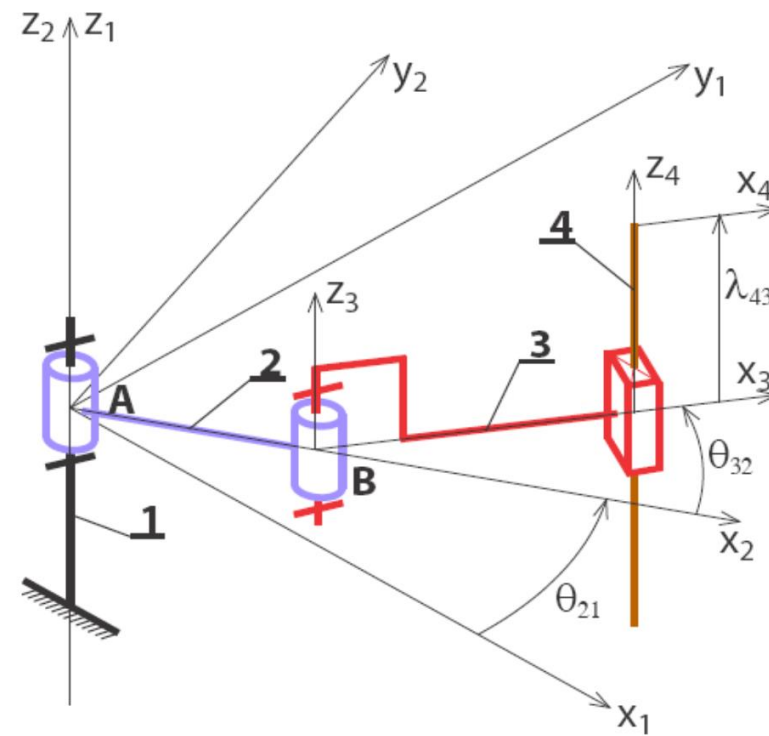
Nacelle élévatrice



Les outils de représentation d'un mécanisme

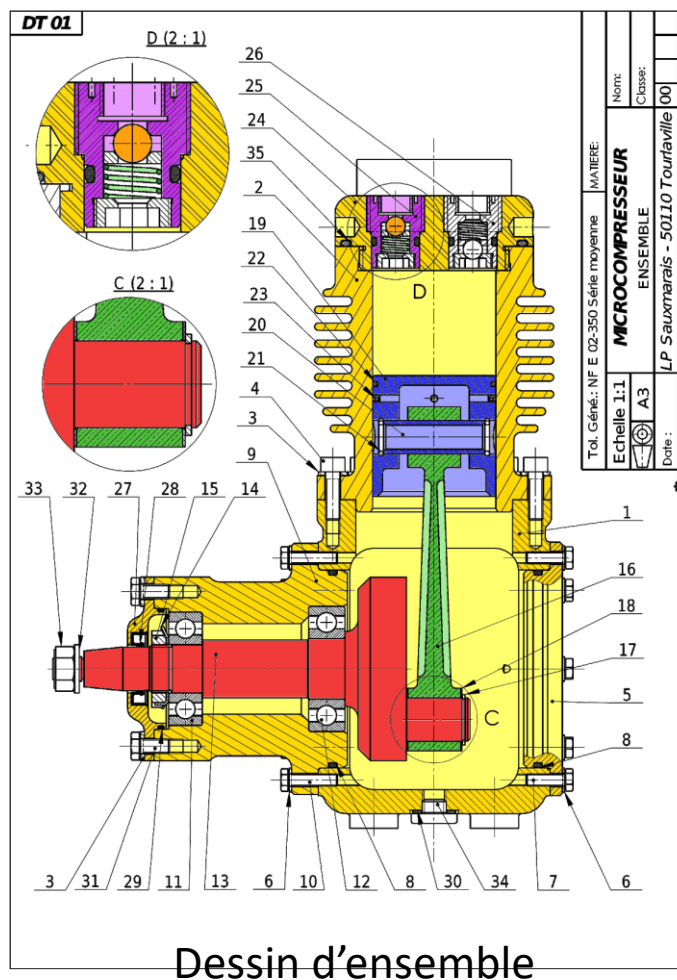
Exemples de schéma cinématiques

Robot 3 axes

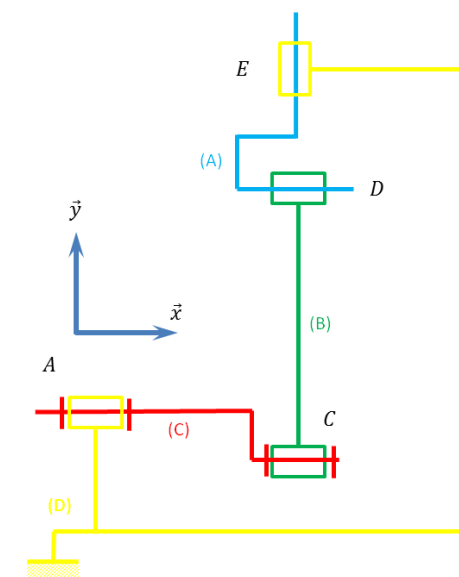
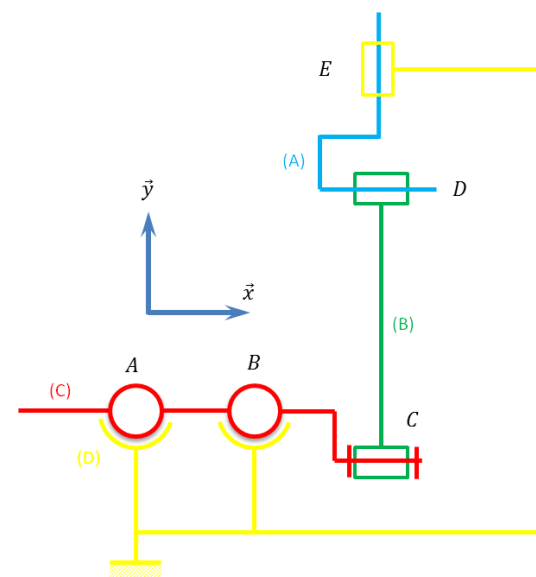
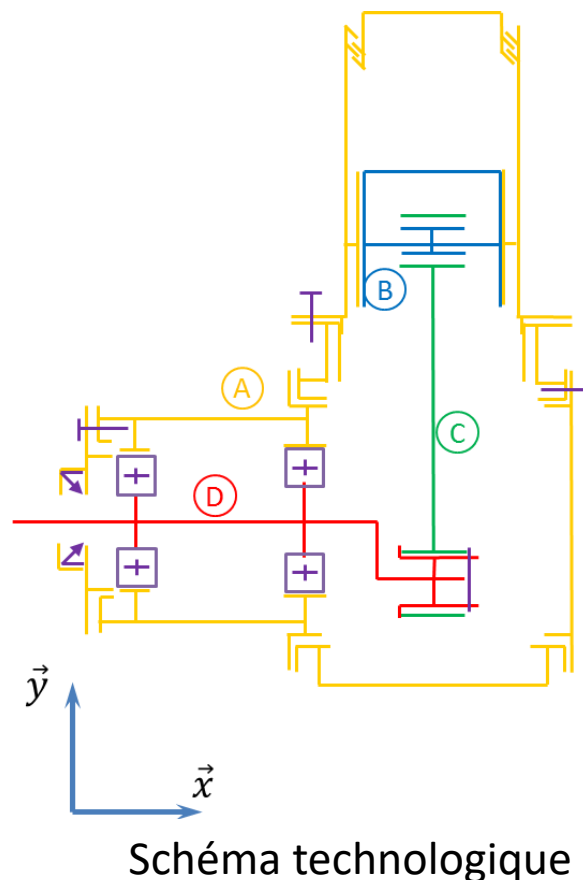


Les outils de représentation d'un mécanisme

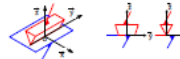
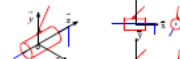
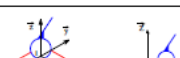
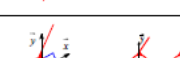
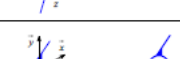
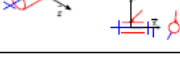
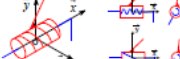
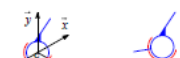
Différents point de vues dans l'analyse du système



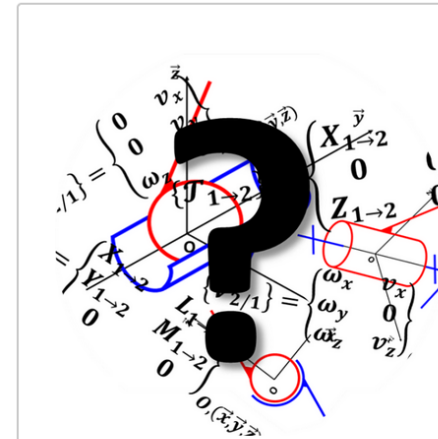
Micro-compresseur



Les outils de représentation d'un mécanisme

Surfaces en contact	Nom de la liaison	Schématisation Vue isométrique / Vues projetées	Degrés de liberté / Torseur cinématique
Plan/Plan	Liaison appui-plan 		2 translations / 1 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & v_x \\ 0 & v_y \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Cylindre/plan	Liaison linéaire-rectiligne 		2 translations / 2 rotations $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & v_x \\ 0 & v_y \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Cylindre/cylindre	Liaison pivot-glissant 		1 translation / 1 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Sphère/plan	Liaison ponctuelle ou sphère-plan 		2 translations / 3 rotations $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ \omega_y & v_y \\ \omega_z & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Sphère/cylindre	Liaison linéaire-annulaire ou sphère-cylindre 		1 translation / 3 rotations $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Sphère/sphère	Liaison rotule ou sphérique 		0 translation / 3 rotations $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Composée : cylindre/cylindre et plan/plan	Liaison pivot 		0 translation / 1 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Composée : plan/plan et plan/plan	Liaison glissière 		1 translation / 0 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & v_x \\ 0 & v_y \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
Helicoïde/helicoïde	Liaison hélicoïdale 		1 translation liée à 1 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$ Avec $v_x = \frac{p}{2\pi} \omega_x$
Composée : sphère/sphère et cylindre/plan	Liaison sphérique à doigt 		0 translation / 2 rotations $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_z & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
	Liaison encastrement 		0 translation / 0 rotation $\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appinventor.ai_aroux_sii.APPLI_LIAISONS_V2



Liaisons ? - Apps on Google Play

Application pour s'entraîner à apprendre ses liaisons cinématiques et statiques

play.google.com

Les outils de représentation d'un mécanisme

https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_aroux_sii.APPLI_LIAISONS_V2



Liaisons ? - Apps on Google Play

Application pour s'entrainer à apprendre ses liaisons cinématiques et statiques

play.google.com



Les outils de représentation d'un mécanisme

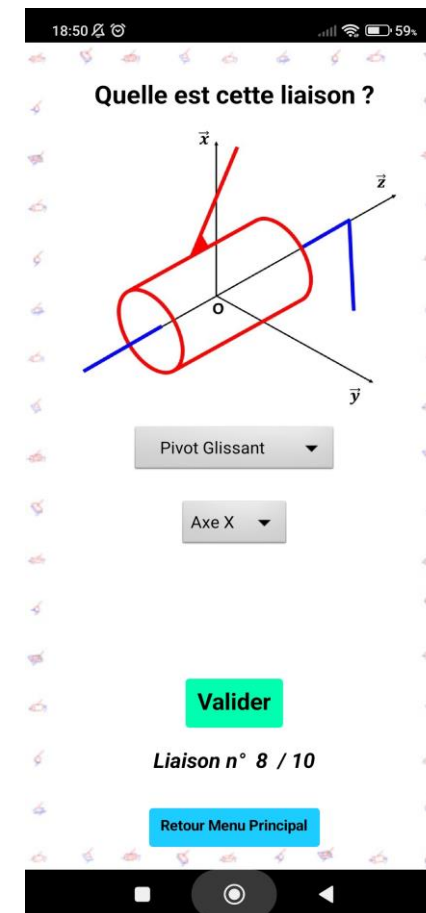
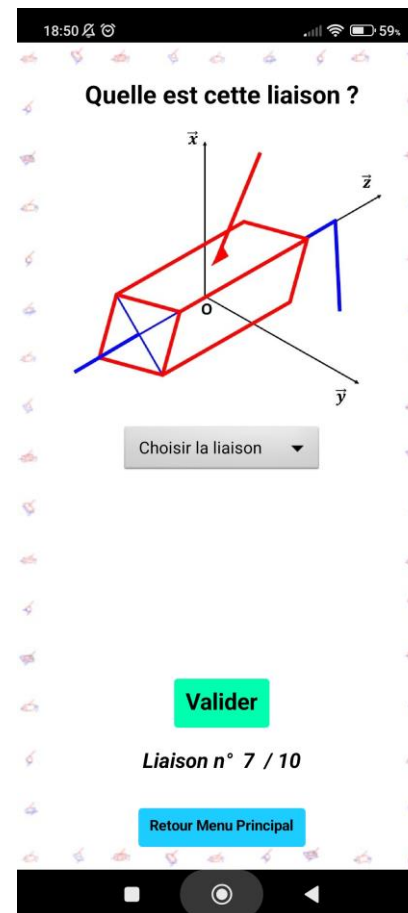
https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_aroux_sii.APPLI_LIAISONS_V2



Liaisons ? - Apps on Google Play

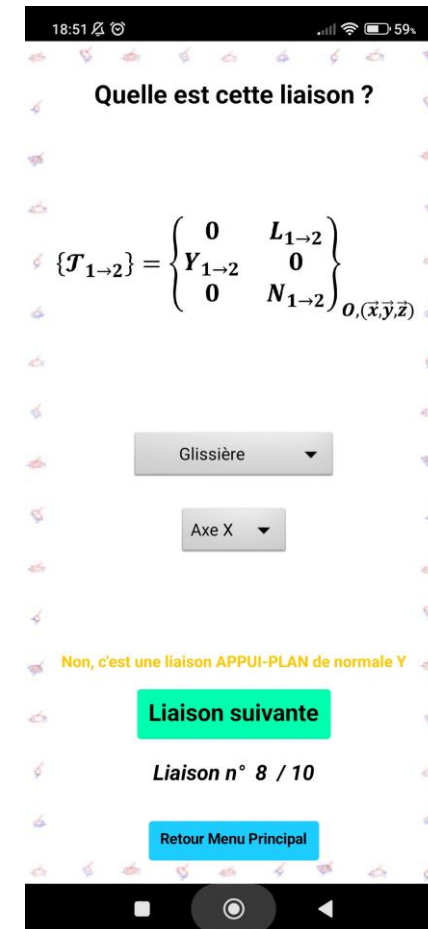
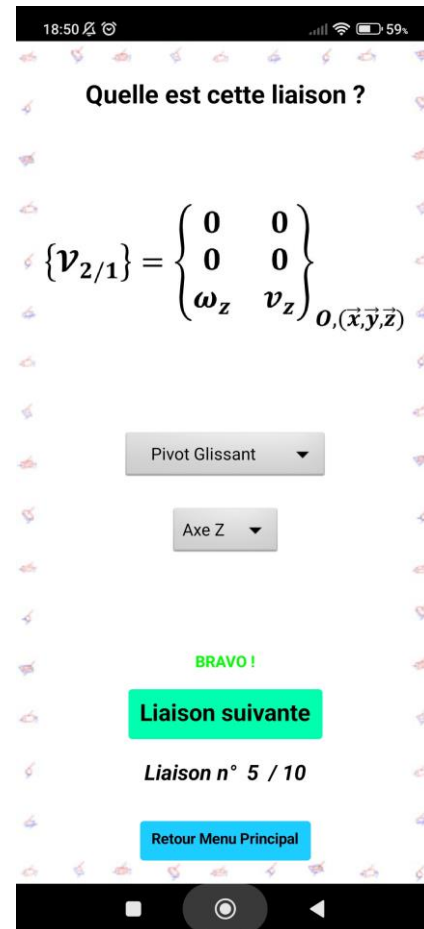
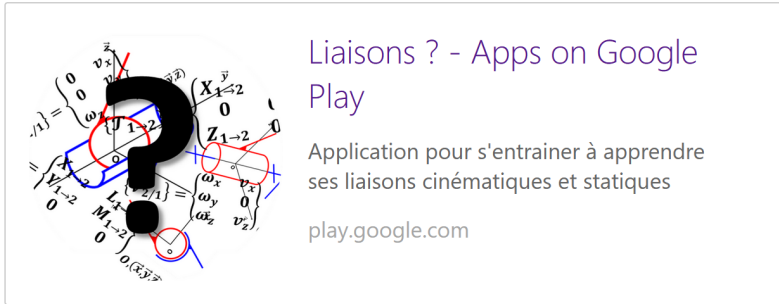
Application pour s'entraîner à apprendre ses liaisons cinématiques et statiques

play.google.com



Les outils de représentation d'un mécanisme

https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_aroux_sii.APPLI_LIAISONS_V2



Les outils de représentation d'un mécanisme

https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_aroux_sii.APPLI_LIAISONS_V2



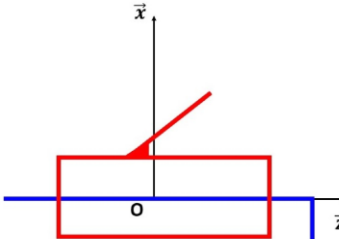
Liaisons ? - Apps on Google Play

Application pour s'entrainer à apprendre ses liaisons cinématiques et statiques

play.google.com

18:51 59%

Quel est le torseur de cette liaison ?



$$\{v_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \square \omega_x & \square v_x \\ \square \omega_y & \square v_y \\ \checkmark \omega_z & \checkmark v_z \end{Bmatrix}_{O,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

BRAVO !

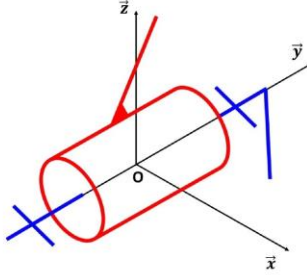
Liaison suivante

Liaison n° 3 / 10

Retour Menu Principal

18:51 59%

Quel est le torseur de cette liaison ?



$$\{v_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} \square \omega_x & \checkmark v_x \\ \checkmark \omega_y & \square v_y \\ \square \omega_z & \checkmark v_z \end{Bmatrix}_{O,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

Non, c'est une liaison PIVOT d'axe Y
Il fallait cocher Wy

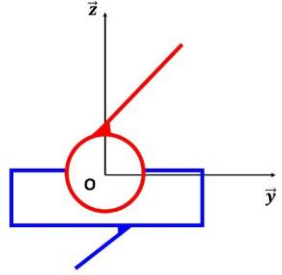
Liaison suivante

Liaison n° 2 / 10

Retour Menu Principal

18:52 59%

Quel est le torseur de cette liaison ?



$$\{T_{1 \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} \checkmark X_{1 \rightarrow 2} & \square L_{1 \rightarrow 2} \\ \square Y_{1 \rightarrow 2} & \square M_{1 \rightarrow 2} \\ \checkmark Z_{1 \rightarrow 2} & \square N_{1 \rightarrow 2} \end{Bmatrix}_{O,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

BRAVO !

Liaison suivante

Liaison n° 7 / 10

Retour Menu Principal