

S

COURS

Modélisation cinématique des mécanismes

1 Introduction

Comment comprendre rapidement les mouvements d'un mécanisme quelle que soit sa complexité ?



Figure 1: Vidéo exemple de mécanisme complexe

Un mécanisme est l'association de **plusieurs pièces liées entre elles** par des contacts physiques qui les rendent totalement ou partiellement solidaires, selon qu'ils autorisent ou non des mouvements relatifs des pièces.

La **liaison mécanique est le modèle cinématique** utilisé pour décrire les relations entre pièces.

Dans un schéma cinématique, les liaisons sont représentées par des symboles normalisés (cf. tableau des liaisons figure 12 ; les solides sont représentés par des traits reliant ces symboles.

Le schéma cinématique permet de visualiser les mouvements d'un mécanisme.

2 Introduction aux liaisons : Surfaces élémentaires

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

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

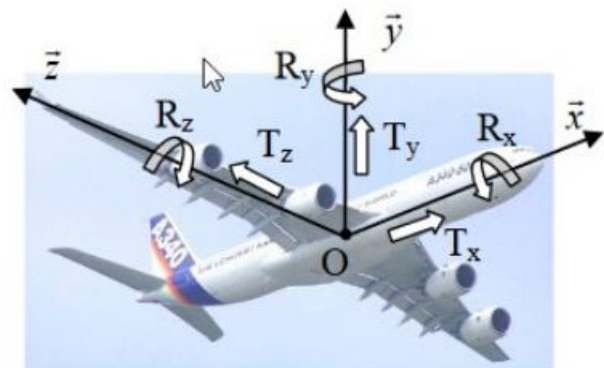


Figure 2: Degrés de liberté : DDL

3 Contacts entre Classes d'Équivalences Cinématiques (CEC)

3.1 Illustration classe d'équivalence

Des pièces appartiennent à la même classe d'équivalence lorsqu'il n'y a aucun mouvement relatif entre elles.

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 (DDL) supprimés.

Les différentes liaisons simples s'effectuent à partir des surfaces élémentaires (plan, cylindre et sphère)

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

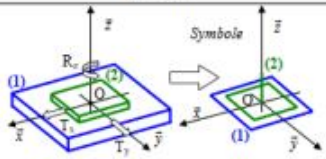
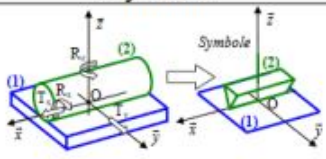
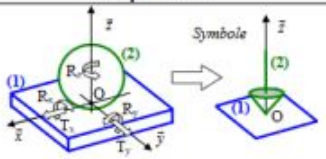
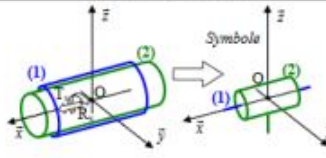
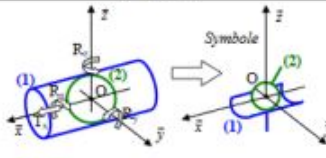
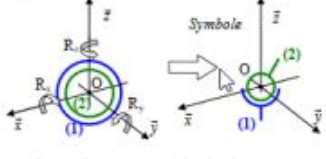
	Plan	Cylindre	Sphère
Plan	 Surface plane	 Ligne droite	 Point
Cylindre		 Surface cylindrique	 Ligne circulaire
Sphère			 Surface sphérique

Figure 3: Types de contacts possibles entre pièces

4 Les liaisons cinématiques

Liaisons simples

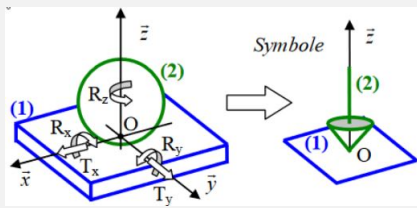
- Ponctuelle
- Linéaire rectiligne
- Linéaire annulaire
- Appui plan
- Rotule
- Pivot Glissant

Les trois autres liaisons résultant d'associations de liaisons simples

- Pivot
- Glissière
- Hélicoïdale

4.1 Liaison Ponctuelle

Liaison Ponctuelle ou sphère/plan



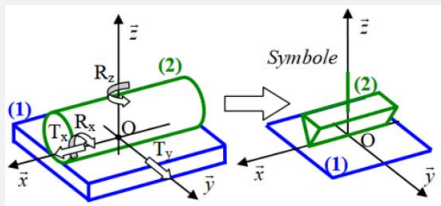
(2)/(1) : Liaison ponctuelle de normale $(O\vec{z})$

On supprime 1 degré de liberté : T_z ^a. Il reste 5 paramètres cinématiques

^aOn aura potentiellement 1 effort transmissible selon $O\vec{z}$

4.2 Liaison Linéaire rectiligne

Liaison Linéaire rectiligne



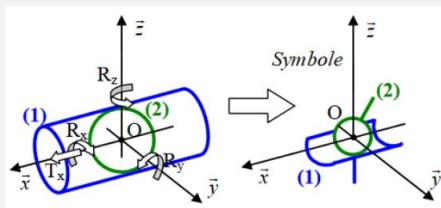
(2)/(1) : Liaison linéaire rectiligne d'axe $(O\vec{x})$ de normale $(O\vec{z})$

On supprime 2 degrés de liberté : T_z et R_y ^a. Il reste 4 paramètres cinématiques

^aOn aura potentiellement 2 efforts transmissibles

4.3 Liaison Linéaire annulaire ou sphère/cylindre

Liaison Linéaire annulaire



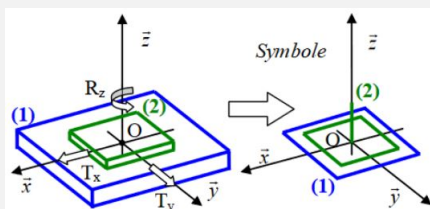
(2)/(1) : Liaison linéaire annulaire d'axe $(O\vec{x})$

On supprime 2 degrés de liberté : T_y et T_z ^a. Il reste 4 paramètres cinématiques.

^aOn aura potentiellement 2 efforts transmissibles

4.4 Liaison Appui plan

Liaison Appui plan



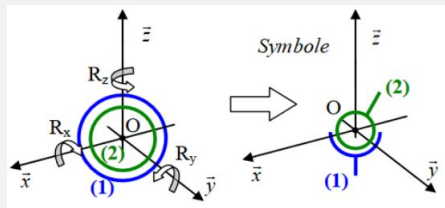
(2)/(1) : Liaison appui plan de normale $(O\vec{z})$

On supprime 3 degrés de liberté : T_z R_x R_y ^a. Il reste 3 paramètres cinématiques

^aOn aura potentiellement 3 efforts transmissibles

4.5 Liaison Rotule

Liaison Rotule



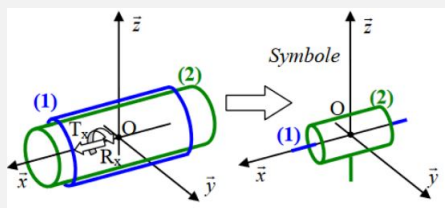
(2)/(1) : Liaison Liaison Rotule ou sphère/sphère de centre (O)

On supprime 3 degré de liberté : $T_x T_y T_z$ ^a.
Il reste 3 paramètres cinématiques.

^aOn aura potentiellement 3 efforts transmissibles

4.6 Liaison pivot glissant

Liaison Pivot glissant



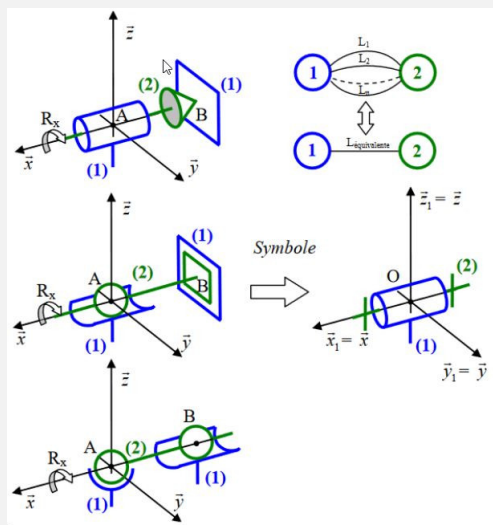
(2)/(1) : Liaison liaison Pivot glissant d'axe ($O\vec{x}$)

On supprime 4 degré de liberté : $T_y T_z R_y R_z$ ^a.
Il reste 2 paramètres cinématiques

^aOn aura **potentiellement** 4 efforts transmissibles

4.7 Liaison Pivot

Liaison Pivot



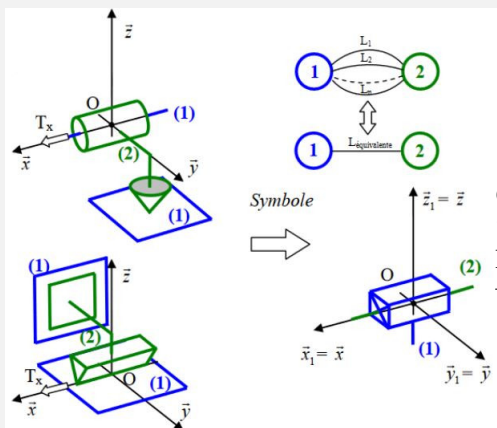
(2)/(1) : Liaison pivot d'axe ($O\vec{x}$)

On supprime 5 degré de liberté : $T_x T_y T_z R_y R_z$ ^a.
Il reste 1 paramètres cinématiques

^aOn aura potentiellement 5 efforts transmissibles

4.8 Liaison Glissière

Liaison Glissière



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

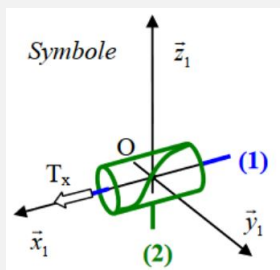
On supprime 5 degrés de liberté : T_y T_z R_x R_y R_z ^a.

Il reste 1 paramètres cinématiques

^aOn aura potentiellement 5 efforts transmissibles

4.9 Liaison Hélicoïdale

Liaison hélicoïdale



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

On supprime 5 degrés de liberté : T_y T_z R_y R_z et on crée une relation de dépendance entre T_x et R_x .
Il reste 1 paramètre cinématique dépendant (T_x et R_x liés)

5 Schémas cinématiques et graphes des liaisons

Les systèmes peuvent être constitués de une à plusieurs milliers de pièces, appelées solides. Ces solides sont liés les uns aux autres pour transmettre des efforts ou des mouvements.

La cinématique permet d'étudier les mouvements relatifs entre les solides.

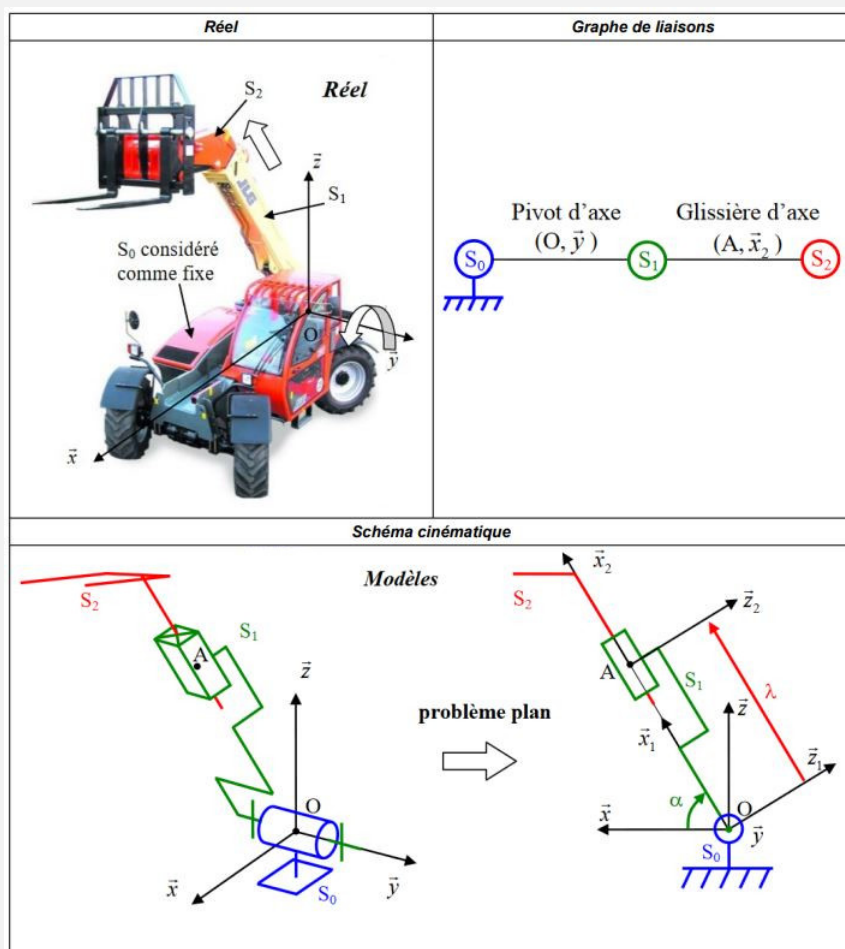
Le schéma cinématique permet de donner une représentation simplifiée d'un mécanisme à l'aide de symboles afin de faciliter :

- l'analyse de son fonctionnement et de son architecture
- l'étude des différents mouvements.

Remarque

- Les pièces dont la fonction est de se déformer (presse étoupe, ressort, etc) ne sont pas prises en compte dans les schémas cinématiques.
- Un schéma cinématique ne prend pas en compte la façon dont le système est réalisé. Il permet de mettre en évidence les mouvements entre les différentes classes d'équivalence cinématique.

Exemple : Engin élévateur



5.1 Méthodologie de construction d'un graphe de liaisons et schéma cinématique

Le dessin d'ensemble figure 4 montre l'image en coupe d'un bloqueur de pièces avec ses pièces assemblées.

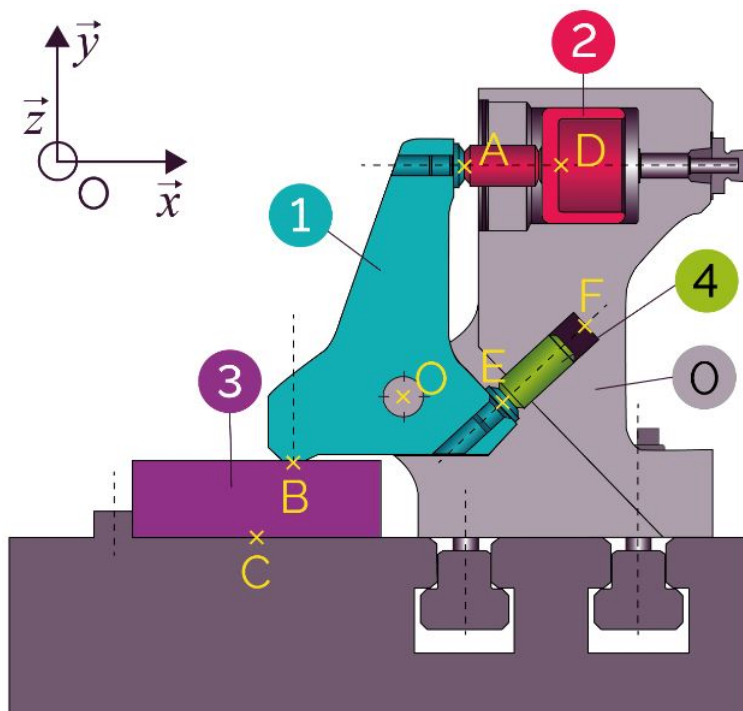


Figure 4: Bloquer de pièces

Il faut appliquer la démarche suivante pour réaliser le schéma cinématique associé à un dessin d'ensemble.

Étape 1 : Repérer les classes d'équivalence cinématique

À retenir : Les pièces d'une même classe d'équivalence cinématique sont liées par encastrement.

- Identifier sur le dessin d'ensemble 4 les pièces appartenant aux différentes classes d'équivalence cinématique (ou groupes de pièces)
- Les colorier sur le dessin d'ensemble.

Étape 2 - Identifier les liaisons entre les classes d'équivalence cinématique

Une liaison mécanique se situe au niveau de chaque contact entre les classes d'équivalence cinématique.

- **Identifier** les surfaces de contact entre les différentes classes d'équivalence cinématique 4
- **En déduire** les liaisons entre elles.

Remarque

Pour déterminer les liaisons entre les différentes classes d'équivalence cinématique, il faut déterminer la nature du ou des contacts entre elles et déterminer les degrés de liberté (DDL) entre ces classes d'équivalence

Étape 3 - Tracer le graphe des liaisons 5

Un graphe des liaisons permet de représenter graphiquement les liens entre les différentes classes d'équivalence cinématique.

- Les classes d'équivalence sont représentées par des cercles ...
- Les liaisons (ou contacts) entre les classes sont représentées par des arcs.

Étape 4 - Tracer le schéma cinématique 6

Pour tracer le schéma cinématique, il faut s'aider du graphe des liaisons en appliquant la méthode suivante.

- **Tracer** le repère de référence
- **Tracer** les liaisons en les orientant convenablement par rapport au repère
- **Finaliser** le schéma en reliant les liaisons lorsque nécessaire

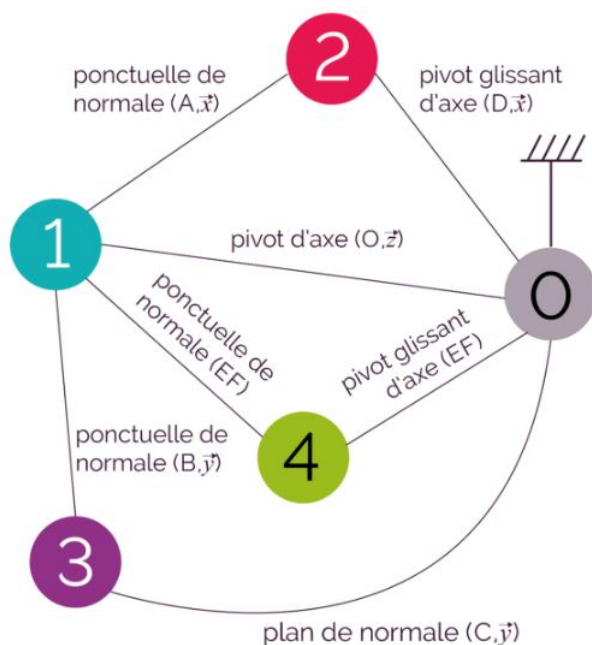


Figure 5: Graphe des liaisons Bloqueur de pièces

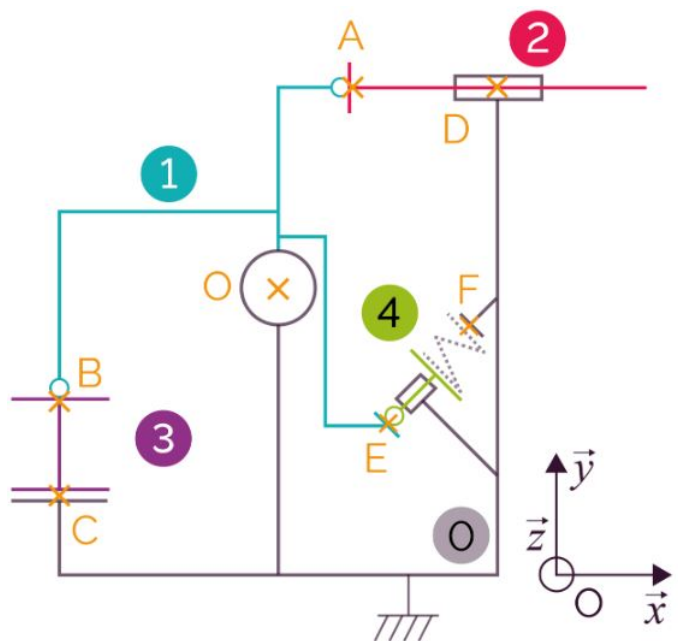


Figure 6: Schéma cinématique du Bloqueur de pièces

6 Schémas cinématiques constitutants courants

6.1 Engrenages - Pignon crémaillère - Roue et vis sans fin



Figure 7: Engrenages

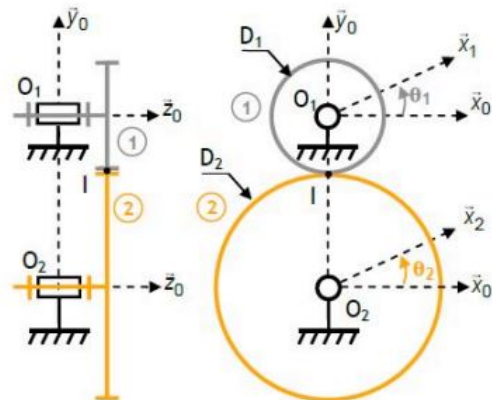


Figure 8: Schéma cinématique engrenages

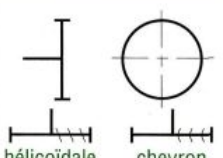
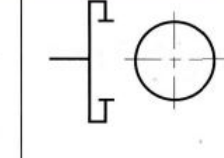
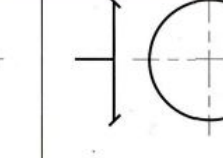
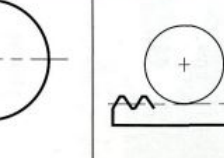
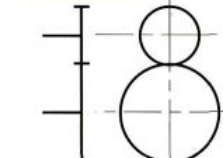
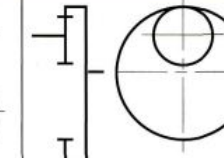
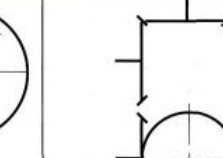
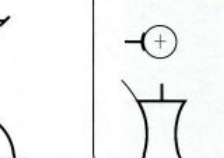
Schémas cinématiques (normalisation)			
 hélicoidale	 chevron		
roue extérieure	roue intérieure	roue conique	roue et crémaillère
			
denture extérieure	denture intérieure	spirale	à vis globique
engrenages droits		engrenages coniques	roue et vis sans fin

Figure 9: Représentations cinématiques normalisée des transmetteurs de puissance

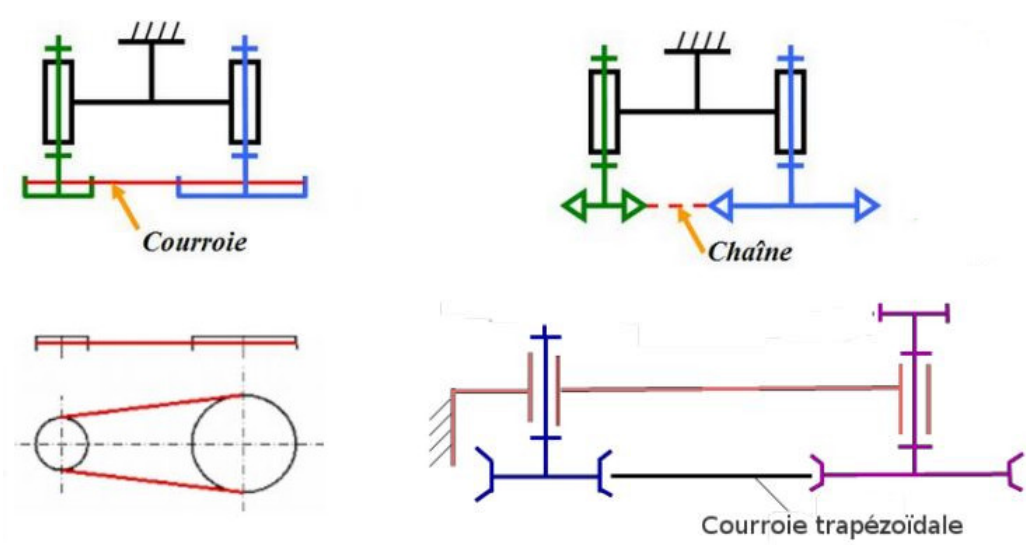


Figure 10: Pignon-crémaillère



Figure 11: Roue et vis sans fin

6.2 Courroies - Chaînes



Nom de la liaison	Représentation 2D	Représentation 3D	Degrés de liberté (D.L)	
Encastrement			T	R
Glissière			T	R
Pivot			T	R
Pivot Glissant			T	R
Hélicoïdale			T	R
Appui plan			T	R
Rotule			T	R
Rotule à doigt			T	R
Linéaire annulaire			T	R
Linéaire rectiligne			T	R
Ponctuelle			T	R

Figure 12: Tableau des liaisons cinématiques