

*MODELISATION  
CINEMATIQUE  
DES MECANISMES*

**1) Définitions**

**2) Surfaces élémentaires et hypothèses**

**3) Liaisons simples**

**4) Liaisons composées**

**5) Graphe des liaisons**

**6) Schéma cinématique**

**7) Exemples**



## 1) Définitions

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

### Schéma cinématique :

➔ *modéliser un mécanisme sous une forme normalisée dans le plan ou dans l'espace*  $\Rightarrow$  *associer à chaque liaison un symbole.*

*Les buts sont :*

- ▶ *visualiser simplement les mouvements entre les différentes pièces.*
- ▶ *mettre en place un paramétrage pour faire l'étude cinématique.*

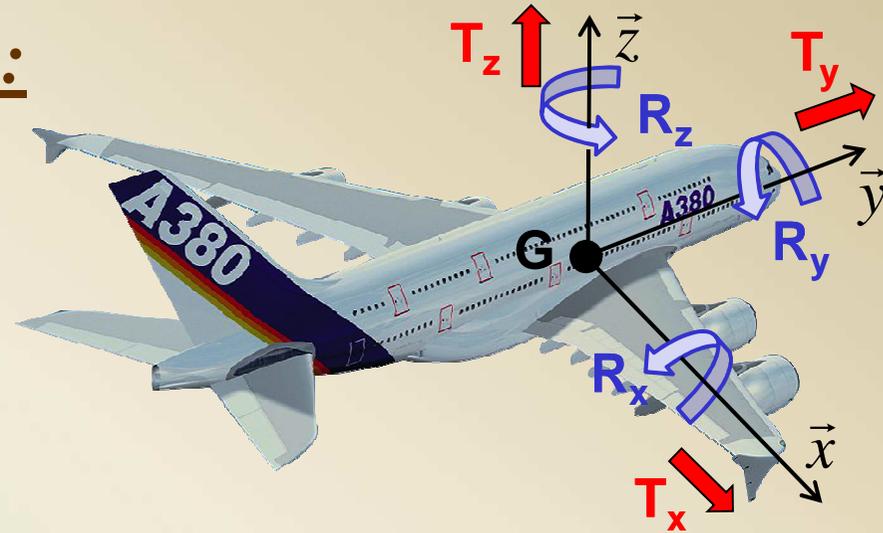
### Classe d'équivalence :

➔ *groupement de pièces fixes entre elles (sans mouvement relatif).*

## Degrés de liberté d'un solide :

Dans l'espace un solide possède **6** degrés de liberté.

Une liaison supprimera au moins un degré de liberté.



➔ Il faut 6 paramètres pour positionner / orienter un solide :

- ▶ 3 distances pour positionner un point :  
⇒ le centre de gravité  $G$  par exemple.
- ▶ 3 angles pour orienter le solide :  
⇒ les angles d'Euler par exemple.

➔ Un solide peut bouger selon :

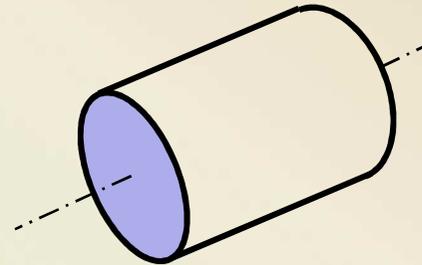
- ▶ 3 translations perpendiculaires entre elles  $T_x$   $T_y$   $T_z$
- ▶ 3 rotations d'axes perpendiculaires  $R_x$   $R_y$   $R_z$

## 2) Surfaces élémentaires et hypothèses

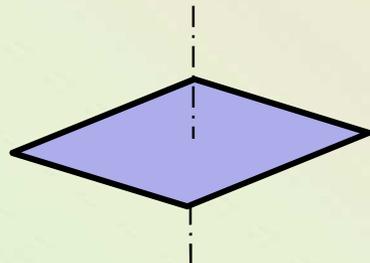
### Surfaces élémentaires :

Les liaisons simples sont réalisées à partir de surfaces élémentaires :

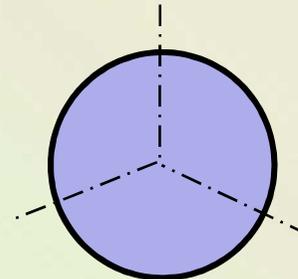
▶ *Le cylindre de révolution :*



▶ *Le plan :*



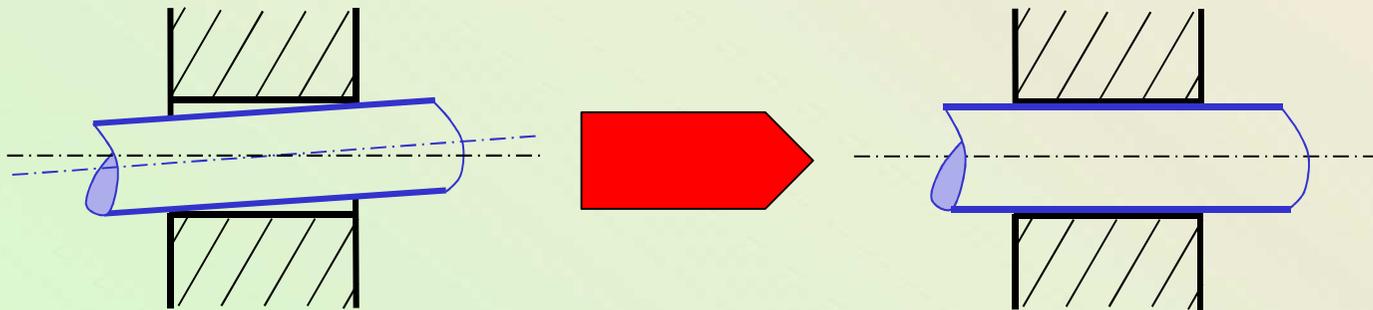
▶ *La sphère :*



## Hypothèses :

*Les surfaces sont supposées parfaites géométriquement*

*Les liaisons sont supposées sans jeu*



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

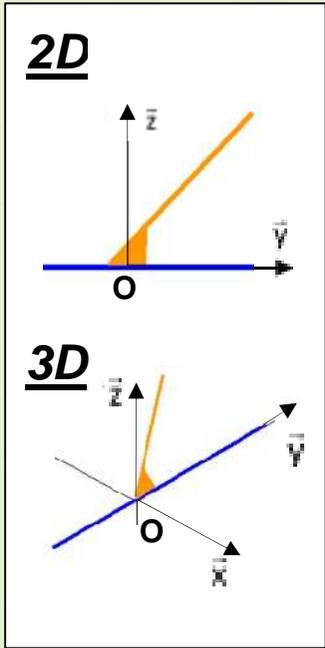
Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

0

**Encastrement**

$\forall P$

0 translation  
0 rotation



$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

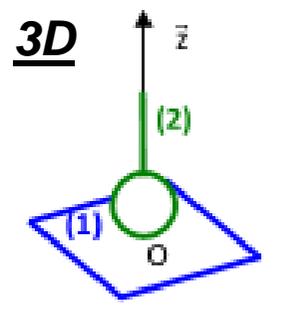
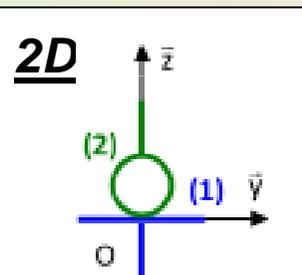
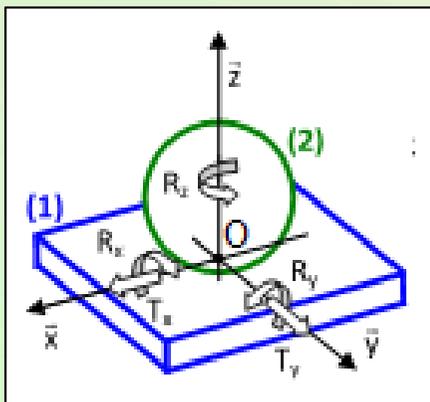
## 5 Sphère plan

(ponctuelle)

Point  $O$   
Normale  $O\vec{z}$

$$\forall P \in O\vec{z}$$

2 translations  
3 rotations



$$\left\{ \begin{array}{l|l} \omega_x & \mathbf{V}_x \\ \omega_y & \mathbf{V}_y \\ \omega_z & \mathbf{0} \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

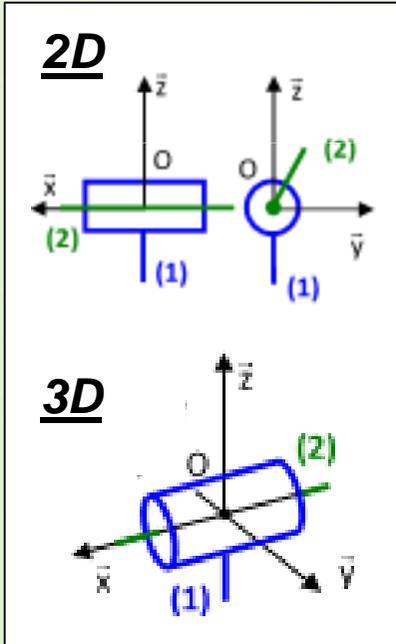
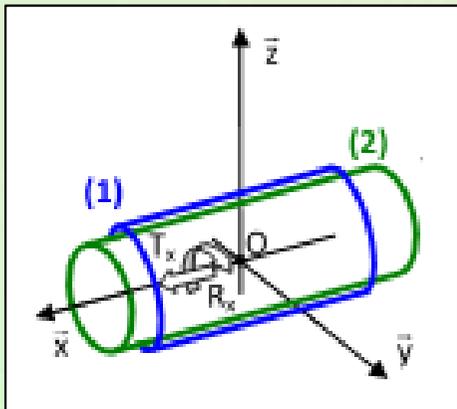
**2**

## Pivot glissant

Axe  $O\vec{x}$

$$\forall P \in O\vec{x}$$

**1 translation  
1 rotation**



$$\left\{ \begin{array}{c|c} \omega_x & V_x \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

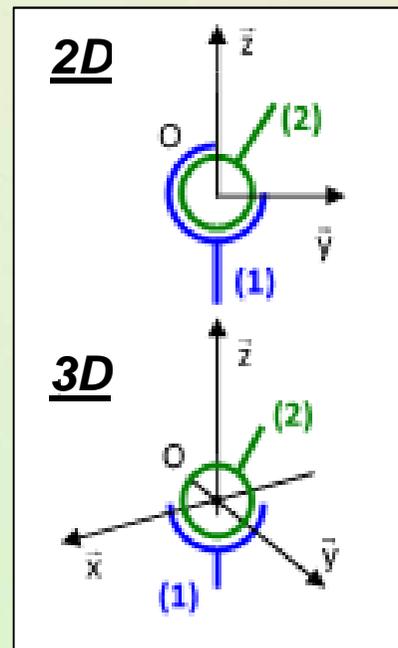
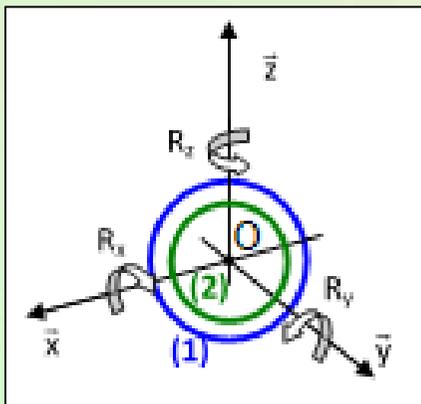
**3** **Sphérique**

Centre  $O$

en  $O$

(rotule)

3 rotations



$$\left\{ \begin{array}{l|l} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$

Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

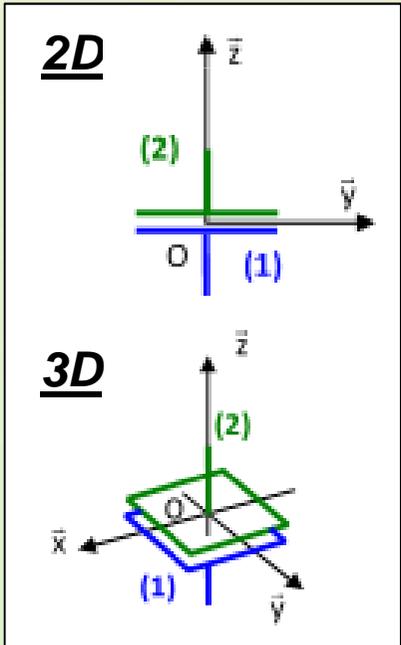
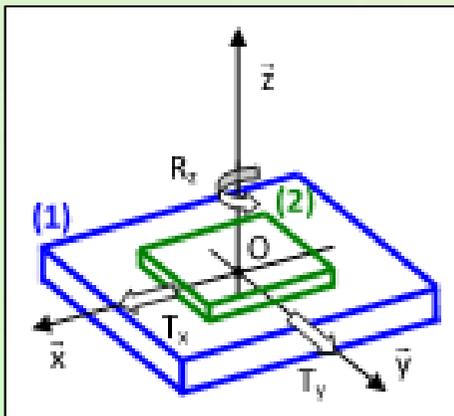
Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

**3** **Appui plan**

*Normale  $O\vec{z}$*

$\forall P$

**2 translations  
1 rotation**



$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & V_x \\ 0 & V_y \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

4

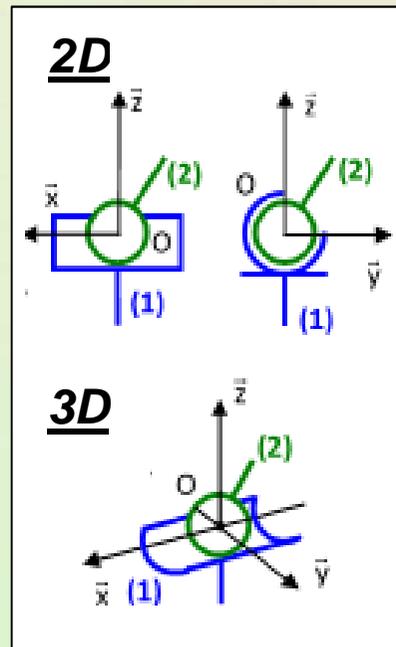
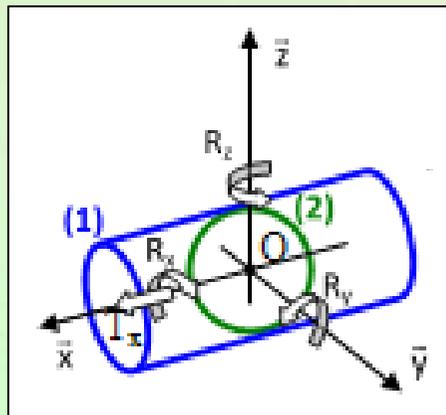
## Sphère-cylindre

Axe  $O\vec{x}$

en  $O$

(linéaire annulaire)

1 translation  
3 rotations



$$\left\{ \begin{array}{c|c} \omega_x & V_x \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$

Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples



### 3) Liaisons simples

→ association de surfaces élémentaires

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

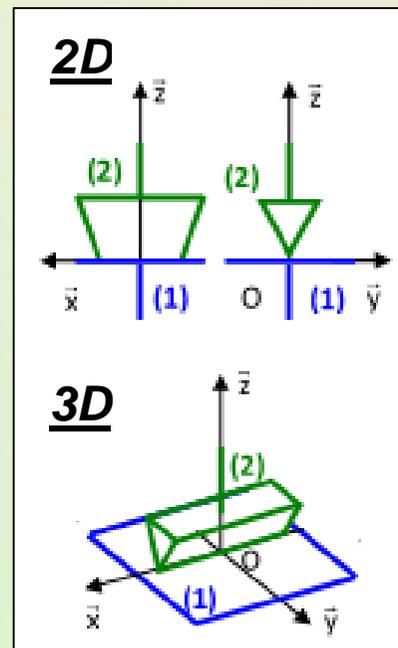
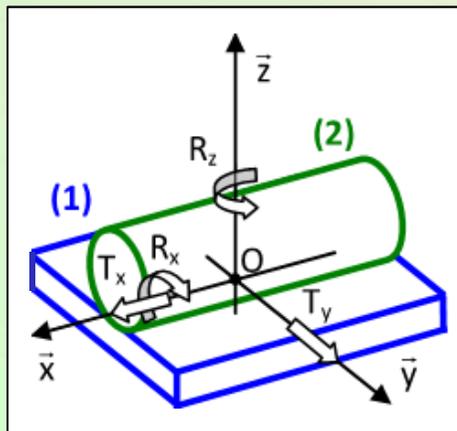
## 4 Cylindre-plan

(linéaire rectiligne)

Droite  $O\vec{x}$

$$\forall P \in (O \vec{x} \vec{z})$$

2 translations  
2 rotations



$$\left\{ \begin{array}{l|l} \omega_x & \mathbf{V}_x \\ \mathbf{0} & \mathbf{V}_y \\ \omega_z & \mathbf{0} \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$

Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples



*FIN DE LA  
PREMIERE  
PARTIE*

## 4) Liaisons composées

→ association de liaisons simples

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

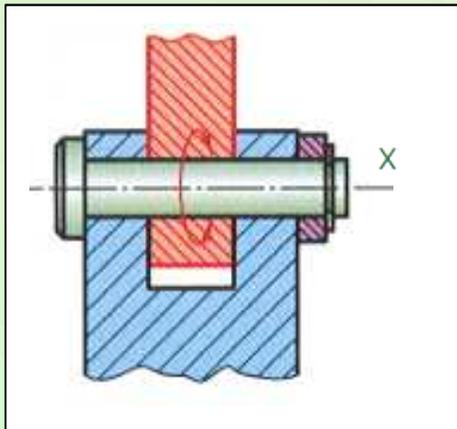
**1**

**Pivot**

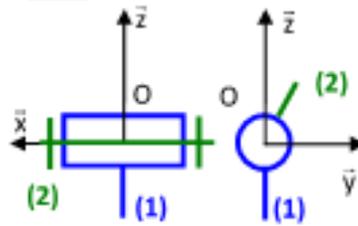
Axe  $O\vec{x}$

$\forall P \in O\vec{x}$

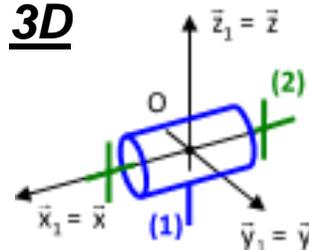
**1 rotation**



**2D**



**3D**



$$\left\{ \begin{array}{c|c} \omega_x & 0 \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$

Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples



# 4) Liaisons composées

→ association de liaisons simples

Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

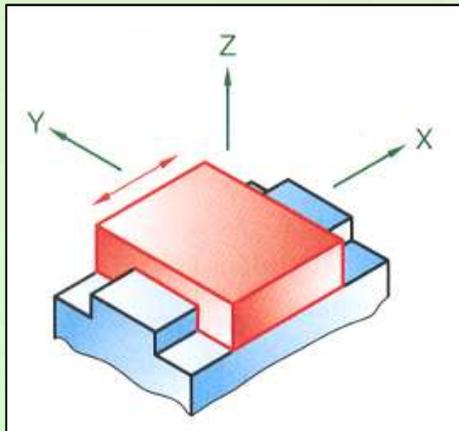
**1**

**Glissière**

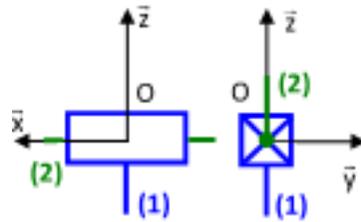
Axe  $O\vec{x}$

$\forall P$

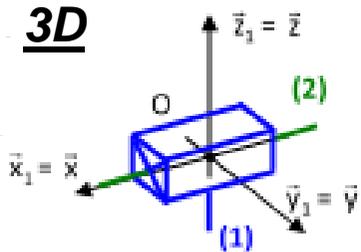
**1 translation**



**2D**



**3D**



$$\left\{ \begin{array}{c|c} 0 & V_x \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



## 4) Liaisons composées

→ association de liaisons simples

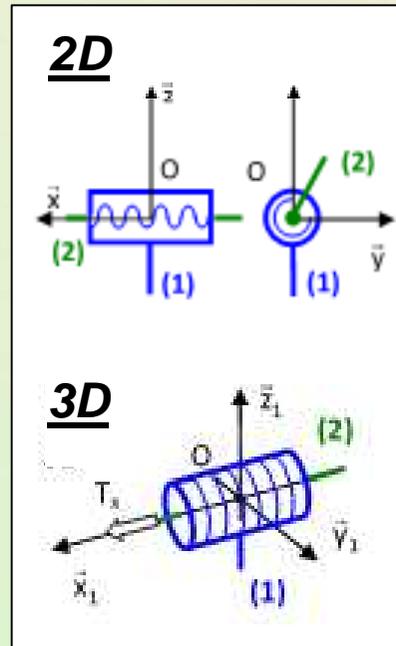
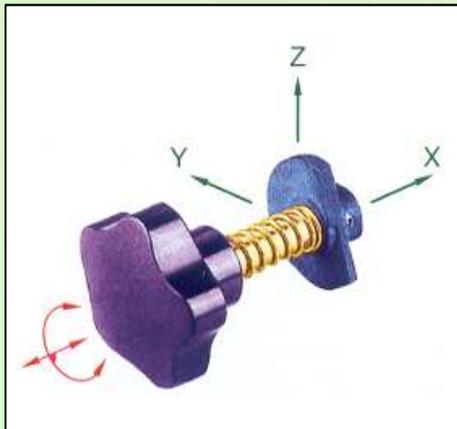
Degrés de liberté	Nom	Symbole	Caractéristiques géométriques	Torseur cinématique	Zone validité
-------------------	-----	---------	-------------------------------	---------------------	---------------

**1** Hélicoïdale

Axe  $O\vec{x}$

$\forall P \in O\vec{x}$

1 rotation  
associée à  
1 translation



$$\left\{ \begin{array}{c|c} \omega_x & V_x \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$

avec :

$$V_x = \pm \frac{p}{2\pi} \times \omega_x$$

Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

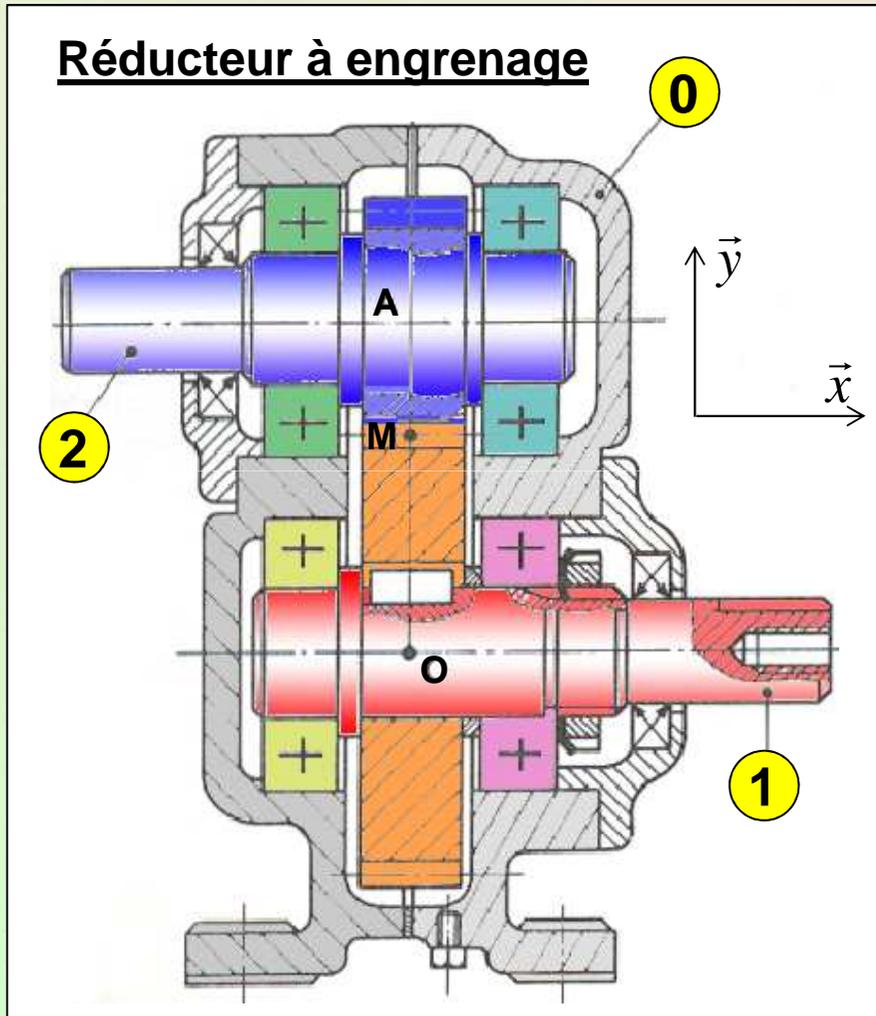
Schéma  
cinématique

Exemples



## 5) Graphe des liaisons

→ définir les liaisons entre chaque classe d'équivalence de pièces.



Graphe des liaisons

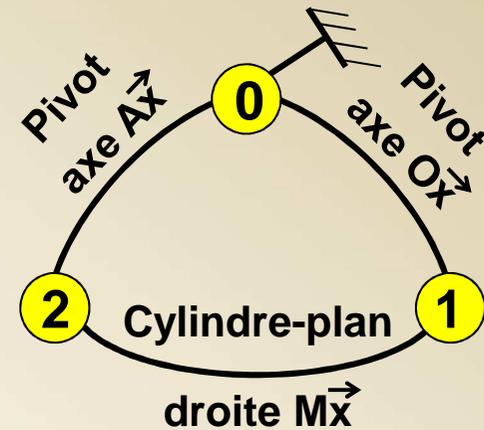
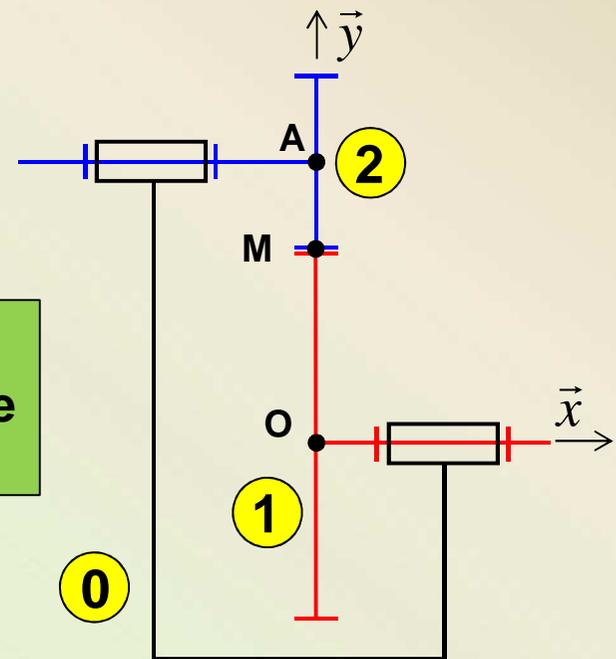


Schéma cinématique 2D



Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

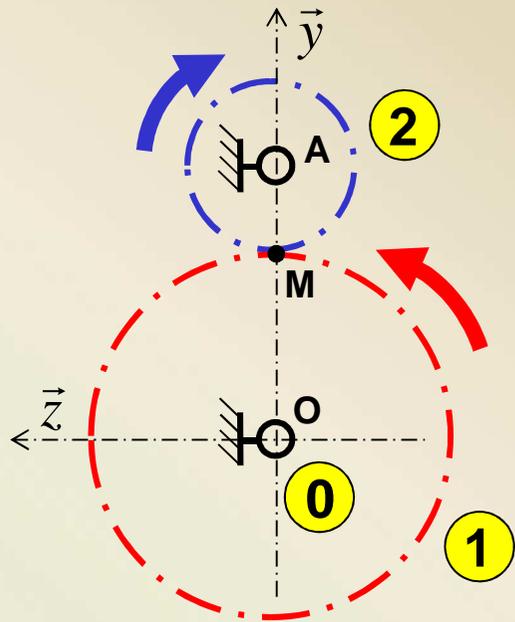
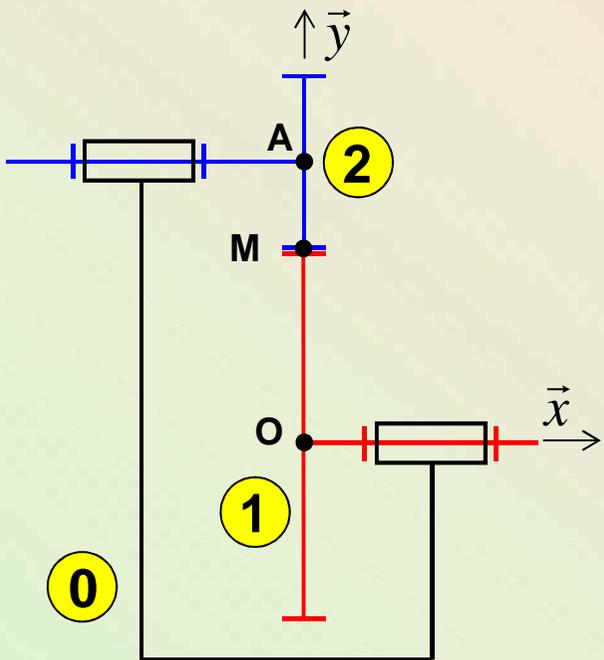
Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples



# Schémas cinématiques 2D



## 6) Schéma cinématique

➔ *définir les mouvements entre chaque classe d'équivalence et le paramétrage permettant l'étude cinématique.*

### Démarche :

1) *Regrouper les pièces en classes d'équivalence*

➔ *pièces sans mouvement entre elles (encastrement).*

2) *Reconnaître les différents mouvements*

➔ *utiliser éventuellement les surfaces en contact.*

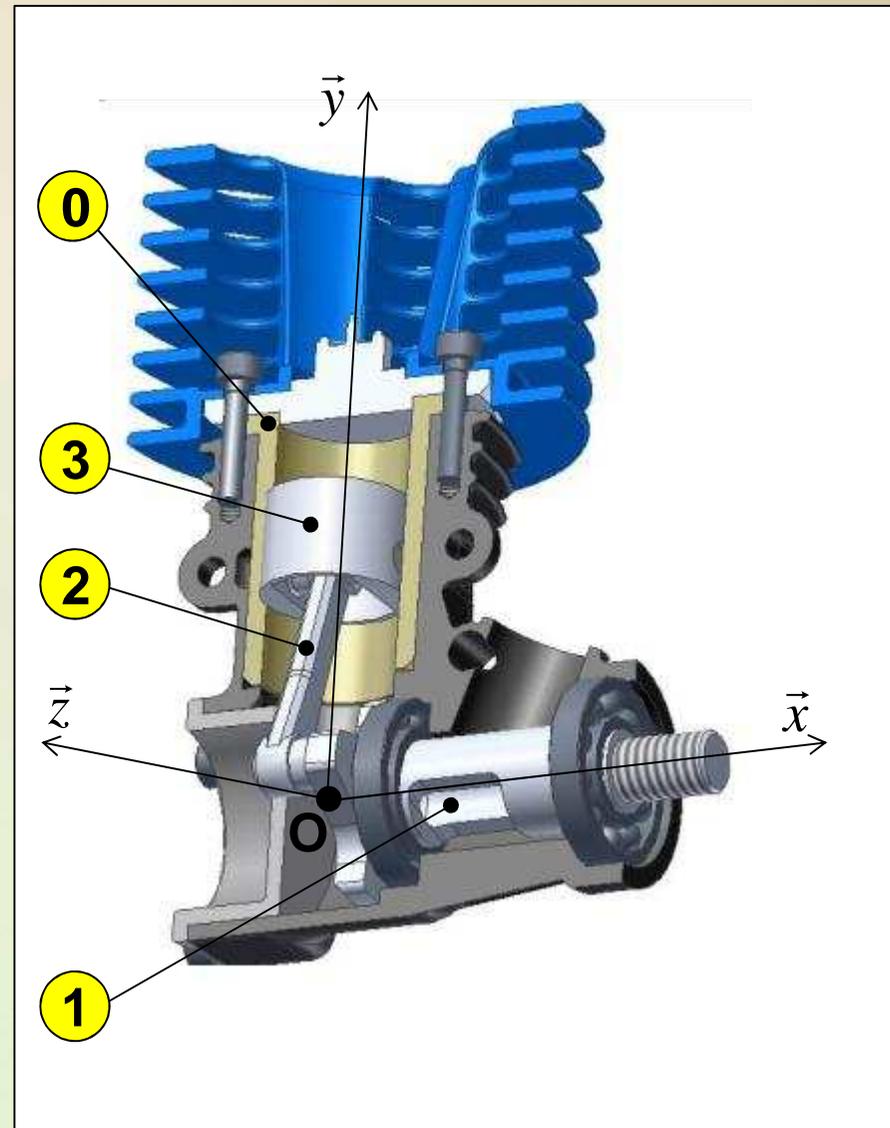
3) *Ne définir un mouvement qu'une seule fois*

➔ *ne pas être redondant.*

## 7) Exemples

Chaîne fermée :

Micromoteur de modélisme



Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

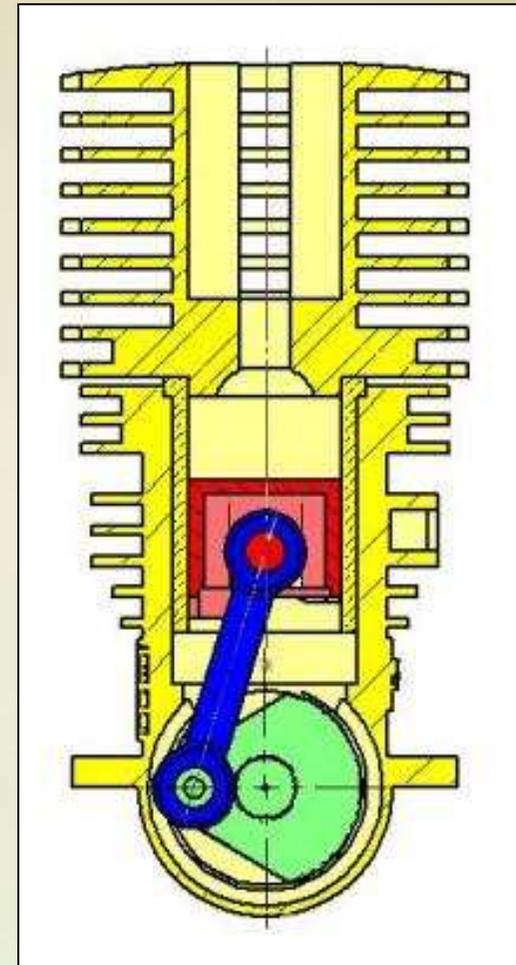
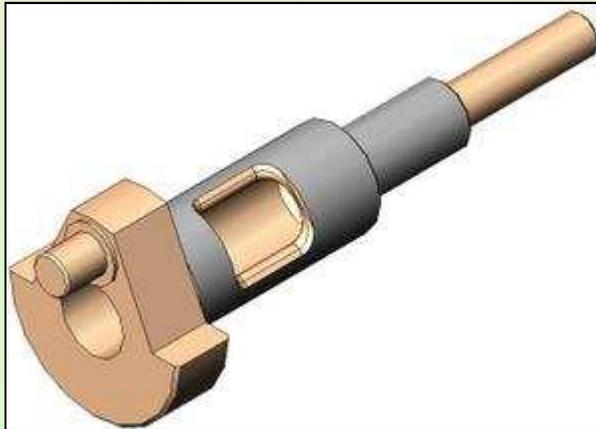
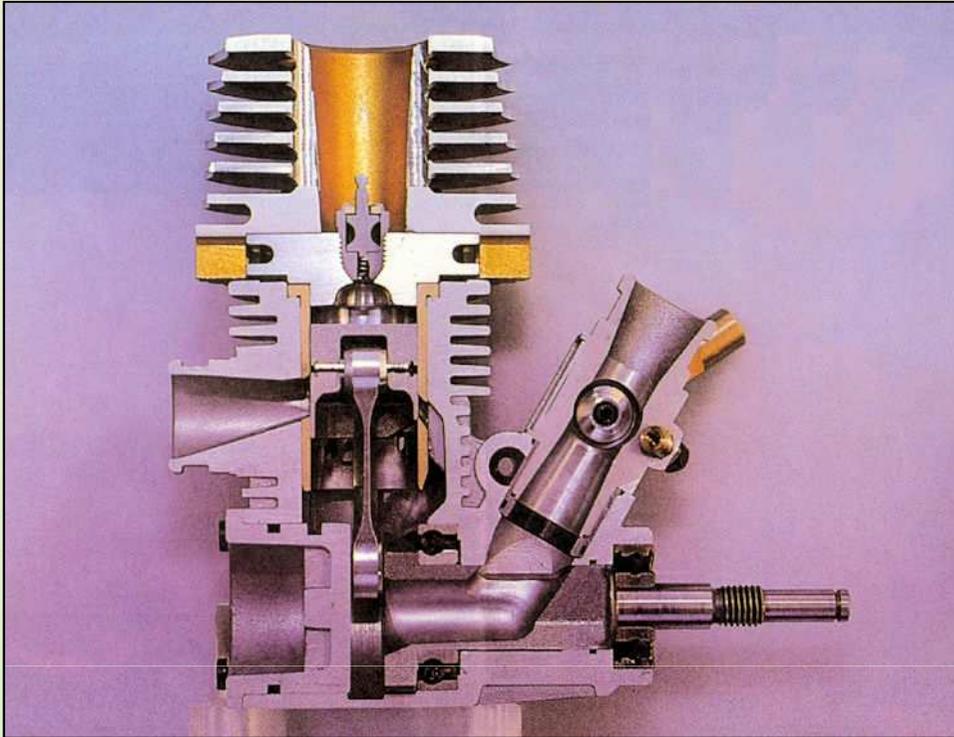
Liaisons  
composées

Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

Exemples





*Définitions*

*Surfaces  
Hypothèses*

*Liaisons  
simples*

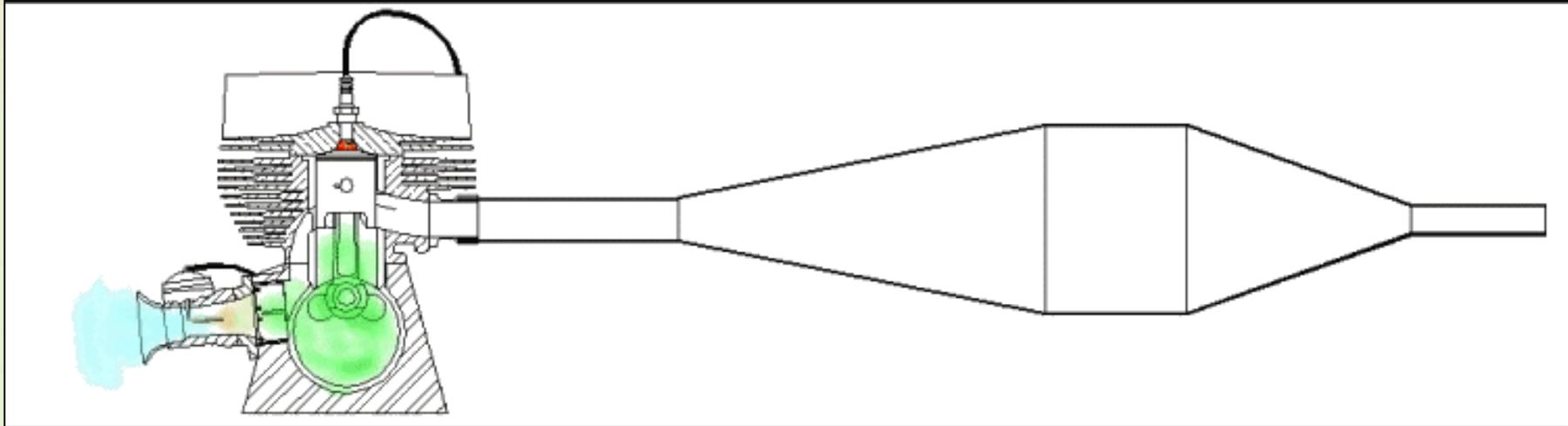
*Liaisons  
composées*

*Graphe des  
liaisons*

*Schéma  
cinématique*

*Exemples*





*Définitions*

*Surfaces  
Hypothèses*

*Liaisons  
simples*

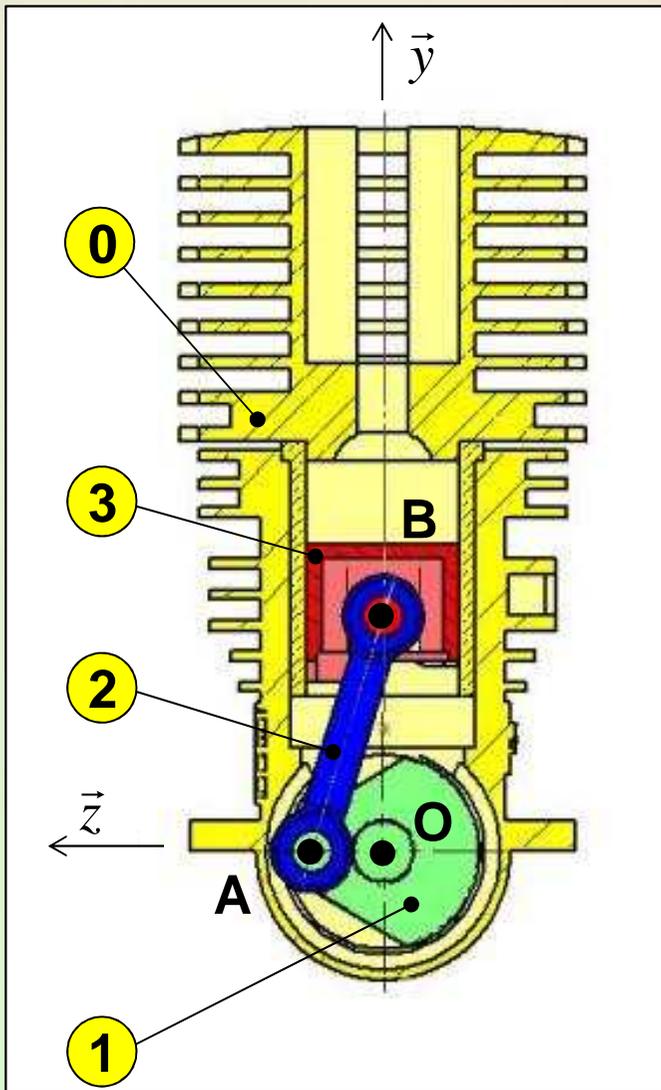
*Liaisons  
composées*

*Graphe des  
liaisons*

*Schéma  
cinématique*

*Exemples*





Graphe des liaisons

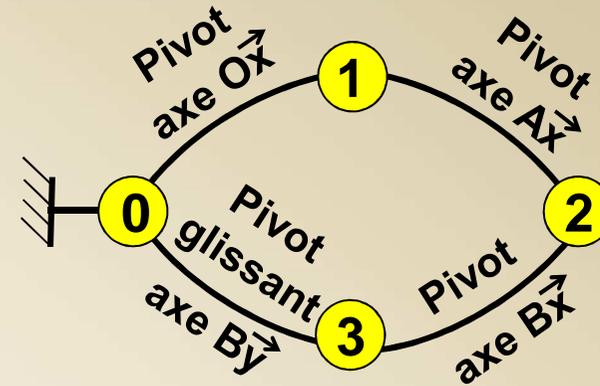
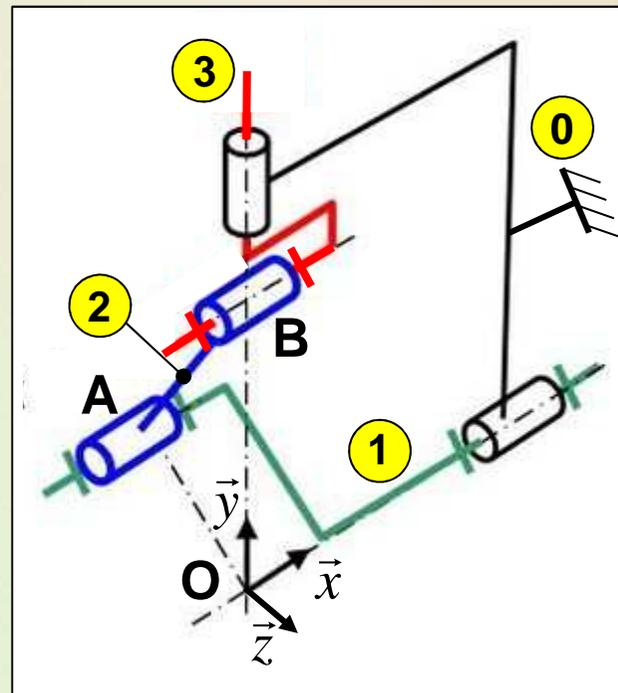
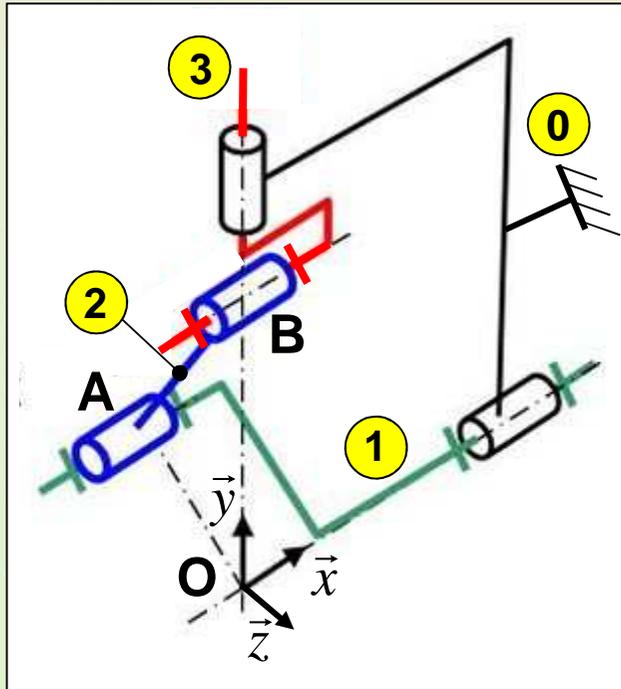


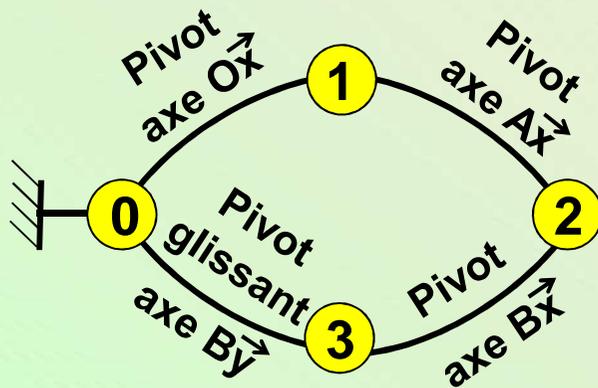
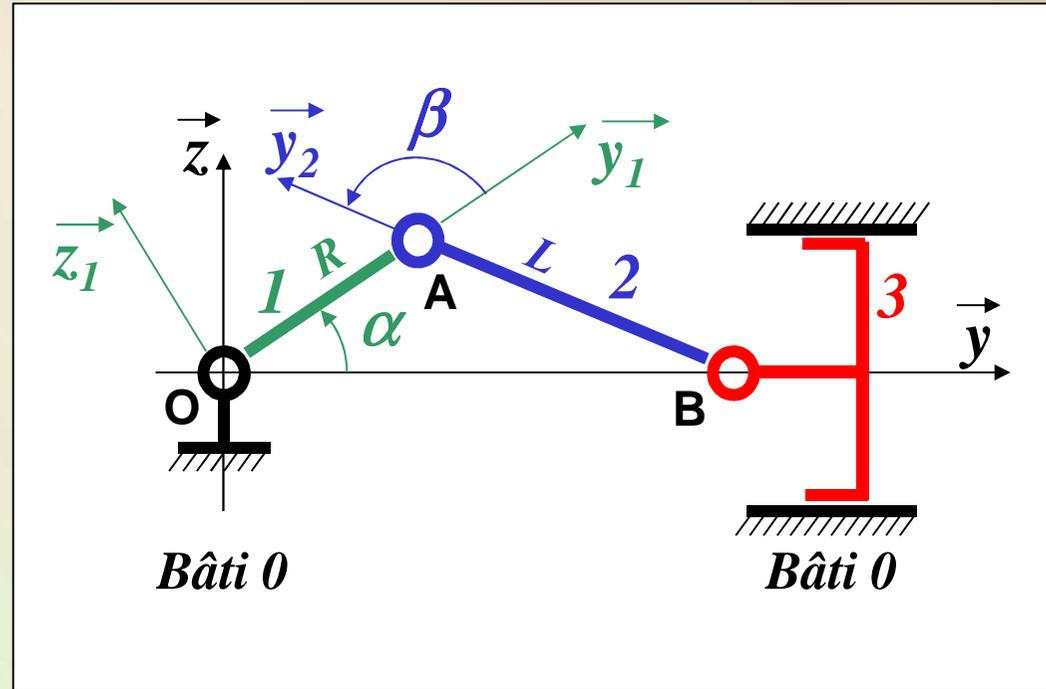
Schéma cinématique 3D



## Schéma cinématique 3D

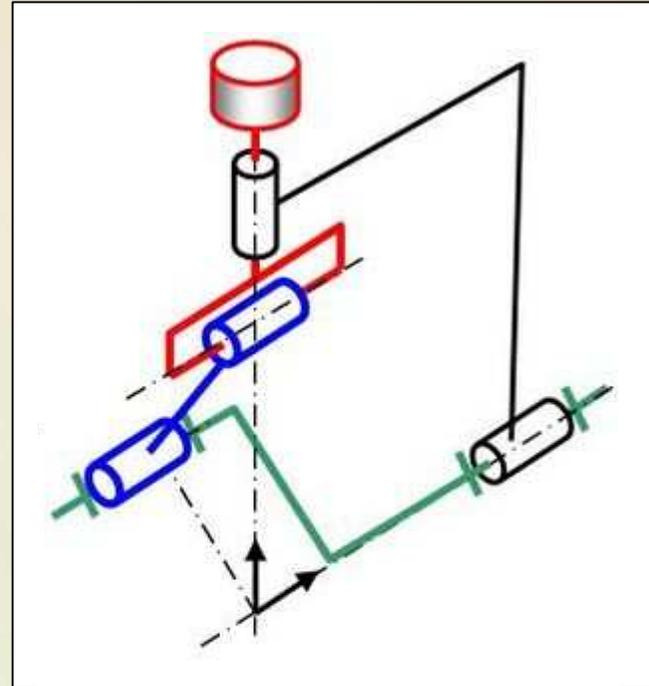


## Schéma cinématique 2D



***Chaîne cinématique fermée***

## Etude critique d'un schéma



*Définitions*

*Surfaces  
Hypothèses*

*Liaisons  
simples*

*Liaisons  
composées*

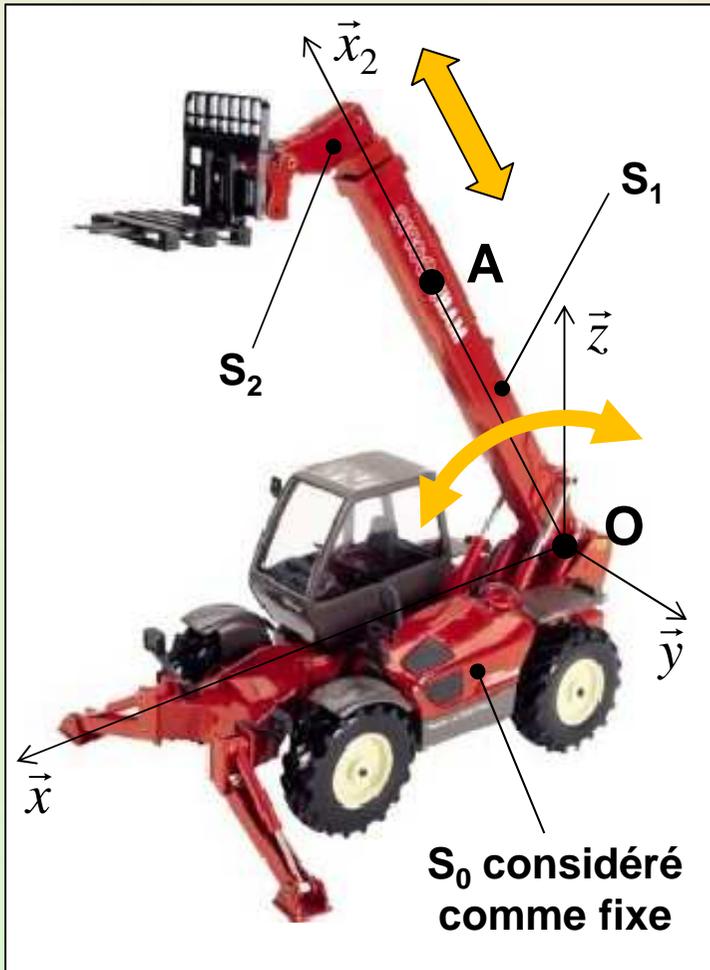
*Graphe des  
liaisons*

*Schéma  
cinématique*

*Exemples*



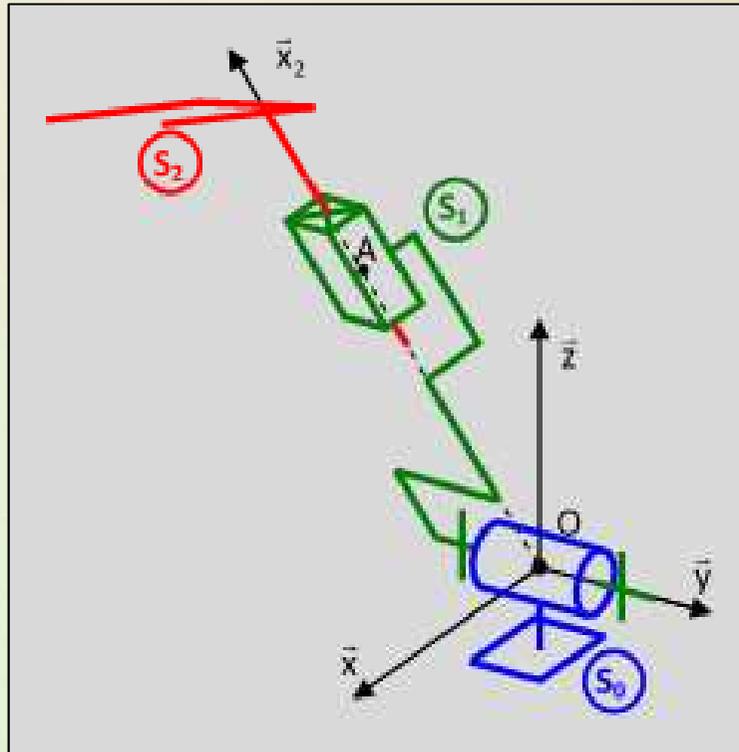
# Chaîne ouverte :



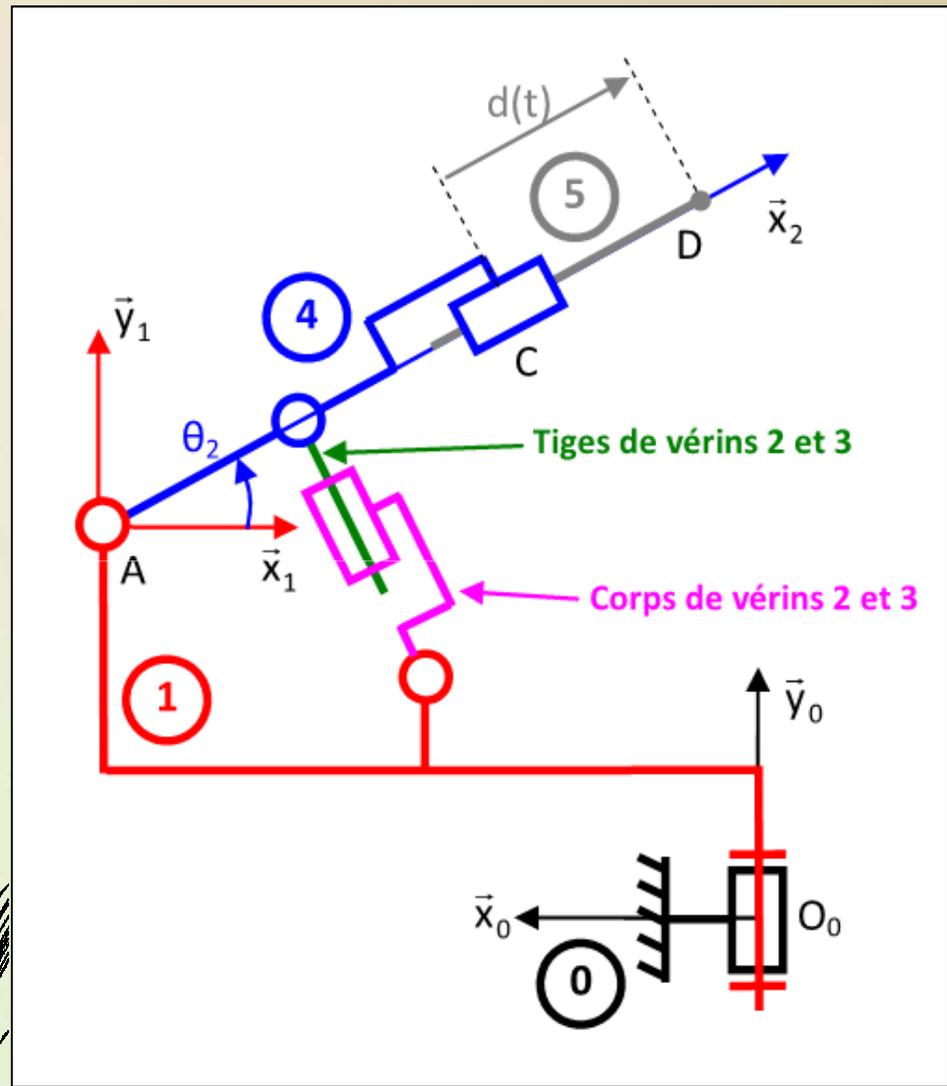
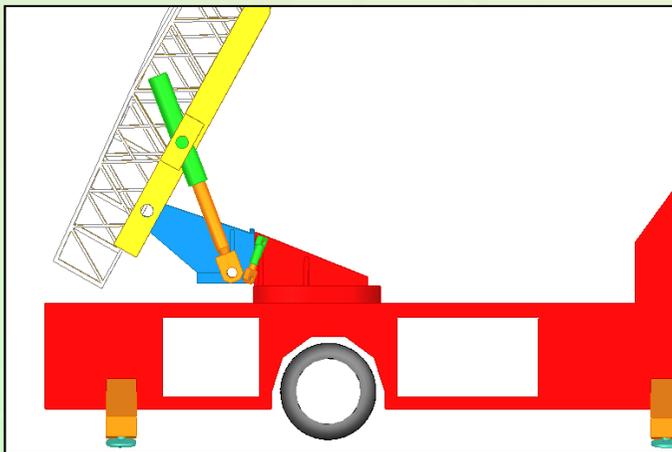
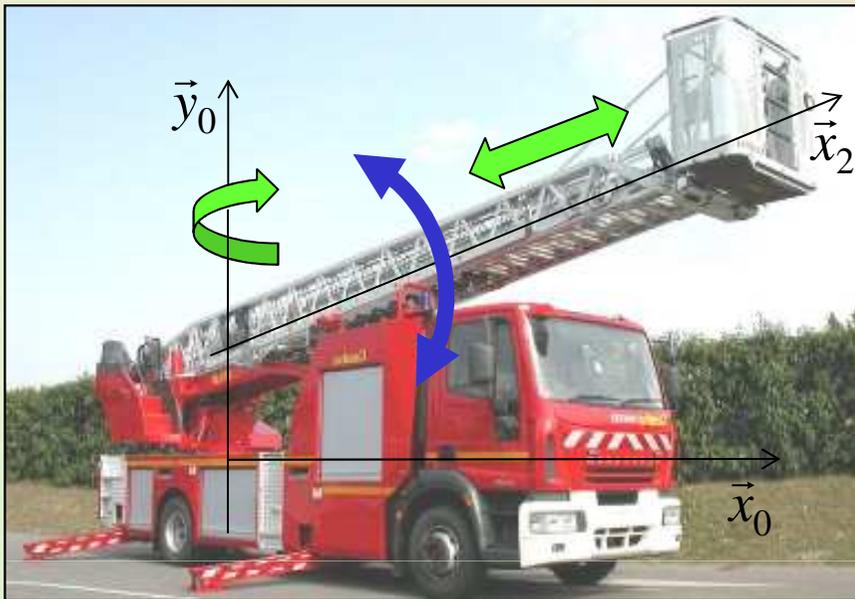
## Graphe des liaisons



## Schéma cinématique 3D



# Echelle pompier :



Définitions

Surfaces  
Hypothèses

Liaisons  
simples

Liaisons  
composées

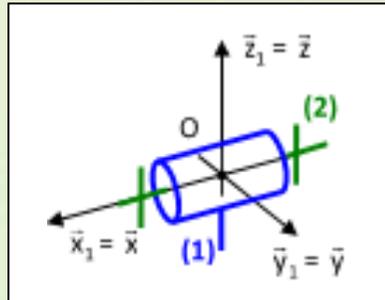
Graphe des  
liaisons

Schéma  
cinématique

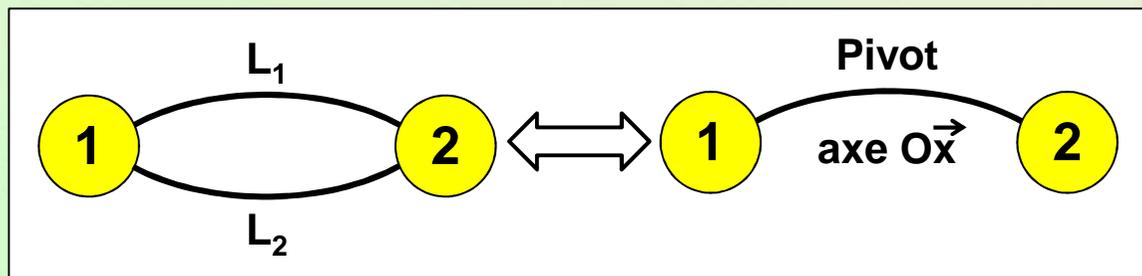
Exemples



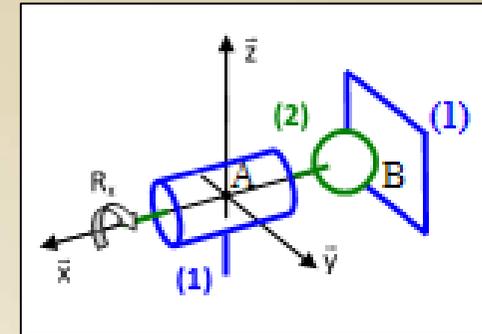
## Réalisation d'une pivot :



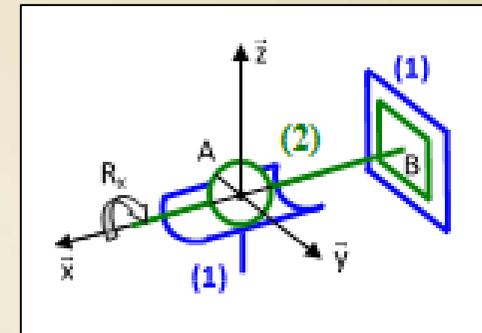
$$\left\{ \begin{array}{c|c} \omega_x & 0 \\ \hline 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right\}_{O, \mathcal{B}}$$



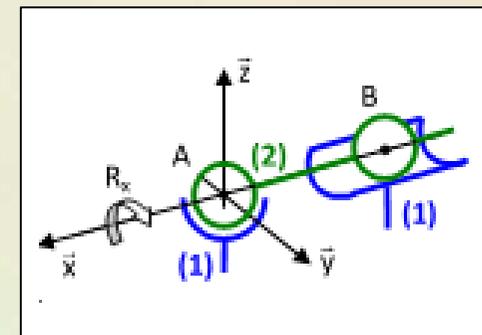
## Première solution :



## Deuxième solution :



## Troisième solution :



*FIN*