

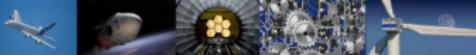


C5 : Analyse et résolution pour déterminer les performances cinématiques des systèmes composés de chaînes de solide

C5-1 : Performances cinématiques des systèmes : détermination des lois d'entrée-sortie

Émilien DURIF

Lycée La Martinière Monplaisir Lyon  
Classe de MPSI  
9 Mars 2021



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

## Présentation et problématique du support d'étude

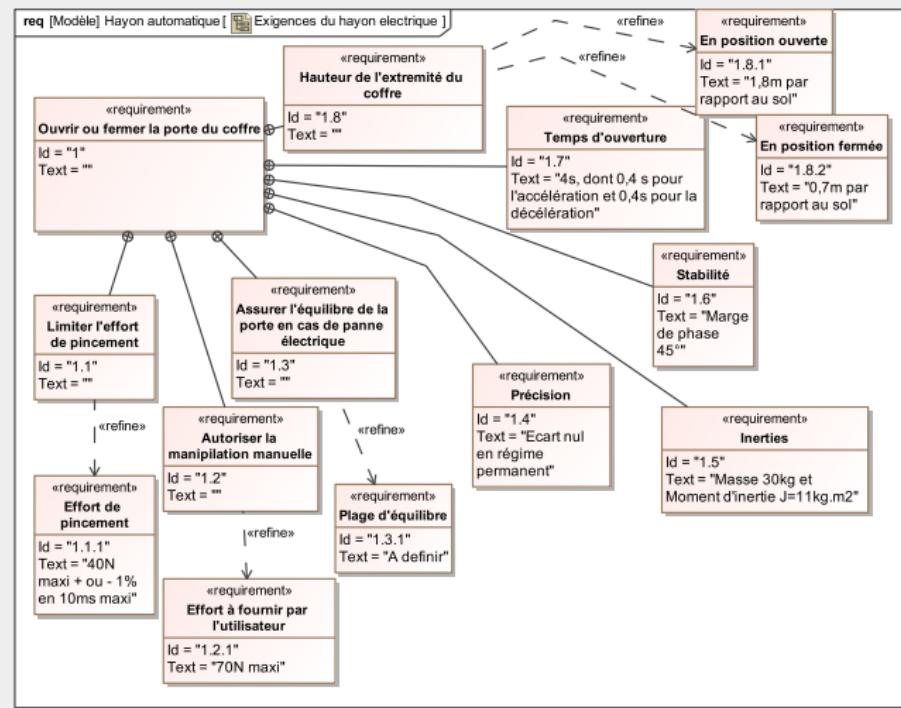
### Hayon automatique d'un coffre





## Présentation et problématique du support d'étude

### Hayon automatique d'un coffre





# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

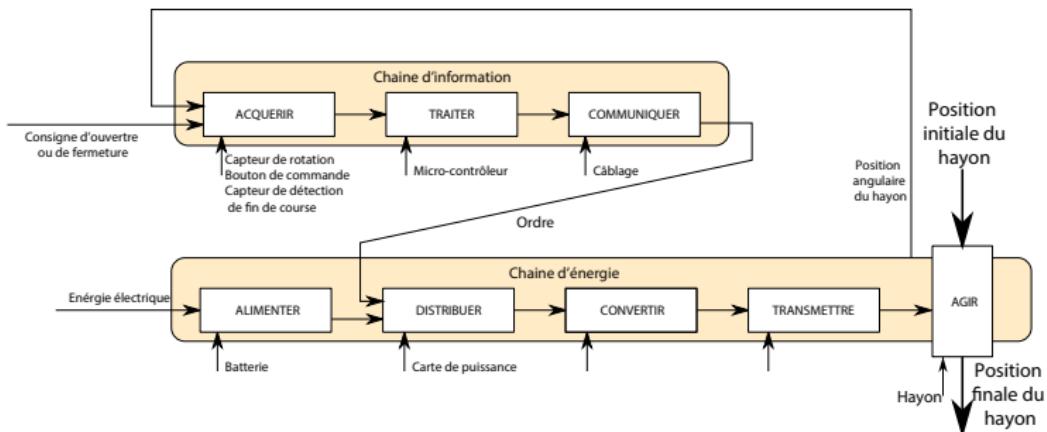
## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

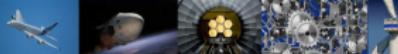
## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

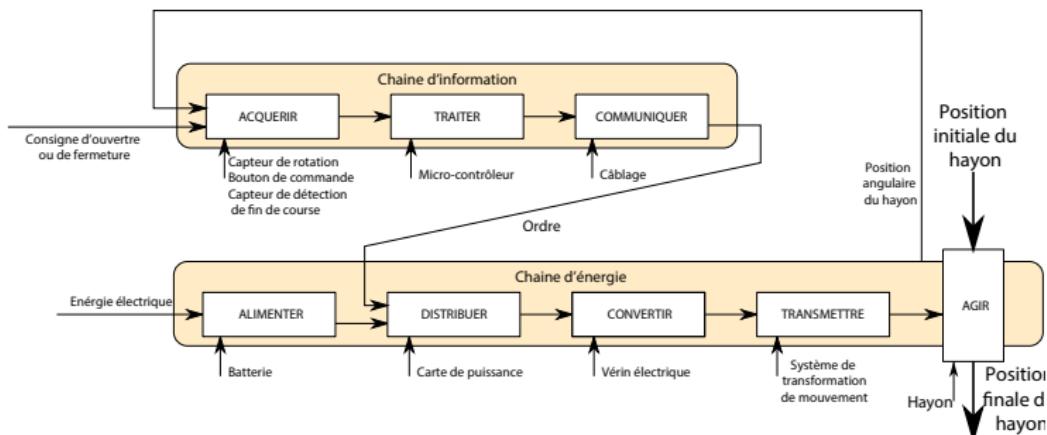
## Modélisation structurelle : chaîne fonctionnelle d'information/d'énergie



Q 1 : Compléter les constituants associés aux blocs convertir et transmettre.



## Modélisation structurelle : chaîne fonctionnelle d'information/d'énergie

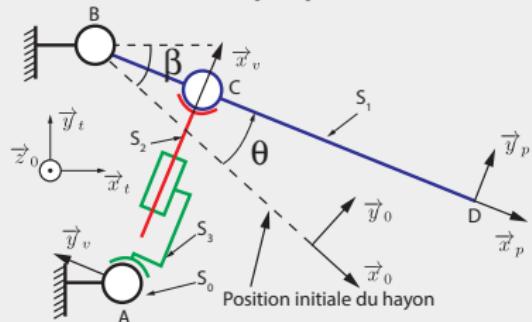


Q 1 : Compléter les constituants associés aux blocs convertir et transmettre.

## Modélisation structurelle : graphe des liaisons

### Graphe des liaisons

#### Schéma cinématique paramétré



**Q 2 : Graphe des liaisons associé**

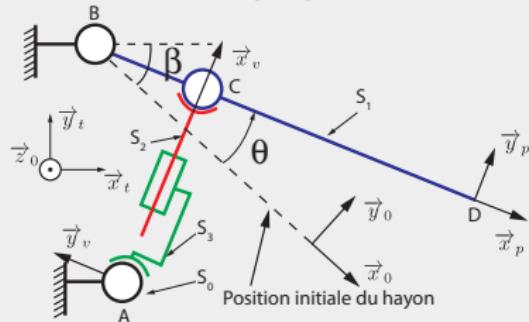
- $S_0$  : bâti ;
- $S_1$  : hayon ;
- $S_2$  : tige de vérin ;
- $S_3$  : corps de vérin ;



## Modélisation structurelle : graphe des liaisons

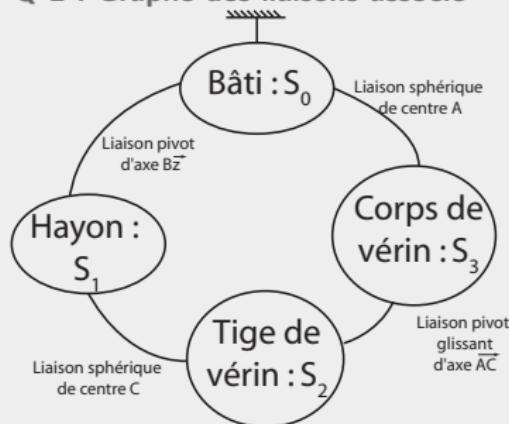
### Graphe des liaisons

#### Schéma cinématique paramétré



- $S_0$  : bâti ;
- $S_1$  : hayon ;
- $S_2$  : tige de vérin ;
- $S_3$  : corps de vérin ;

#### Q 2 : Graphe des liaisons associé





## Modélisation structurelle : paramétrage

### Paramétrage du système

On donne :

- $\vec{AB} = -a \vec{x}_0 + b \vec{y}_0$ ;  $\vec{AC} = \lambda(t) \vec{x}_v$ ;  $\vec{BC} = c \vec{x}_p$ ;  $\vec{BD} = d \vec{x}_p$ , avec  $a = 0,55m$ ;  
 $b = 0,14m$ ;  $c = 0,14m$  et  $d = 1m$ .
- $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_p)$ ;  $\beta = 42^\circ = (\vec{x}_0, \vec{x}_t)$  et  $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_v)$ ;
- $\vec{z}_0 = \vec{z}_t = \vec{z}_v = \vec{z}_p$

Q 3 : Représenter les figures planes de projections

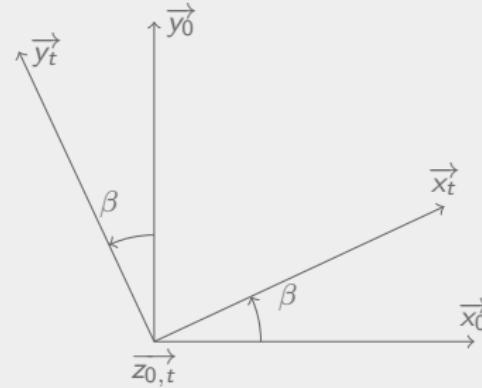
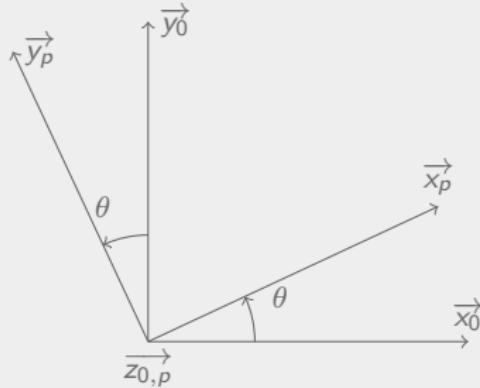
## Modélisation structurelle : paramétrage

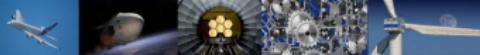
### Paramétrage du système

On donne :

- $\overrightarrow{AB} = -a \overrightarrow{x_0} + b \overrightarrow{y_0}$ ;  $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \overrightarrow{x_v}$ ;  $\overrightarrow{BC} = c \overrightarrow{x_p}$ ;  $\overrightarrow{BD} = d \overrightarrow{x_p}$ , avec  $a = 0,55m$ ;  $b = 0,14m$ ;  $c = 0,14m$  et  $d = 1m$ .
- $\theta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_p})$ ;  $\beta = 42^\circ = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_t})$  et  $\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_v})$ ;
- $\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{z_t} = \overrightarrow{z_v} = \overrightarrow{z_p}$

### Q 3 : Représenter les figures planes de projections





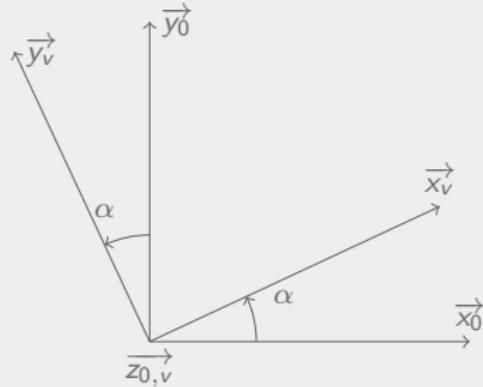
## Modélisation structurelle : paramétrage

### Paramétrage du système

On donne :

- $\overrightarrow{AB} = -a \overrightarrow{x_0} + b \overrightarrow{y_0}$ ;  $\overrightarrow{AC} = \lambda(t) \overrightarrow{x_v}$ ;  $\overrightarrow{BC} = c \overrightarrow{x_p}$ ;  $\overrightarrow{BD} = d \overrightarrow{x_p}$ , avec  $a = 0,55m$ ;  $b = 0,14m$ ;  $c = 0,14m$  et  $d = 1m$ .
- $\theta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_p})$ ;  $\beta = 42^\circ = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_t})$  et  $\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_v})$ ;
- $\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{z_t} = \overrightarrow{z_v} = \overrightarrow{z_p}$

Q 3 : Représenter les figures planes de projections





# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique

Lorsqu'un système possède une architecture en **chaîne fermée**, on écrit une relation vectorielle de **fermeture de la boucle géométrique** qui passe par les points caractéristiques  $O_i$  des liaisons entre solides. Cette relation vectorielle traduit la relation de Chasles :

$$\overrightarrow{O_0 O_1} + \overrightarrow{O_1 O_2} + \cdots + \overrightarrow{O_n O_0} = \vec{0} \quad (1)$$

On projette alors cette relation vectorielle dans une base pour obtenir des relations scalaires entre les paramètres de position ou d'orientation des solides.

### Remarque

- Pour les **chaînes complexes** on écrit une relation vectorielle par boucle fermée indépendante.
- Cette méthode s'applique bien pour des "systèmes mécaniques articulés".



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique

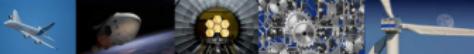
Lorsqu'un système possède une architecture en **chaîne fermée**, on écrit une relation vectorielle de **fermeture de la boucle géométrique** qui passe par les points caractéristiques  $O_i$  des liaisons entre solides. Cette relation vectorielle traduit la relation de Chasles :

$$\overrightarrow{O_0 O_1} + \overrightarrow{O_1 O_2} + \cdots + \overrightarrow{O_n O_0} = \vec{0} \quad (1)$$

On projette alors cette relation vectorielle dans une base pour obtenir des relations scalaires entre les paramètres de position ou d'orientation des solides.

### Remarque

- Pour les **chaînes complexes** on écrit une relation vectorielle par boucle fermée indépendante.
- Cette méthode s'applique bien pour des "systèmes mécaniques articulés".



## Lois d'entrées sorties géométriques

Fermeture géométrique du hayon automatique

**Q 4 : Déterminer les paramètres d'entrée et de sortie du problème**

**Q 5 : Écrire la fermeture géométrique associée**



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique du hayon automatique

**Q 4 : Déterminer les paramètres d'entrée et de sortie du problème**

- Entrée : longueur du vérin :  $\lambda(t)$  ;
- Sortie : angle d'ouverture du hayon :  $\theta(t)$ .

**Q 5 : Écrire la fermeture géométrique associée**



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique du hayon automatique

**Q 4 : Déterminer les paramètres d'entrée et de sortie du problème**

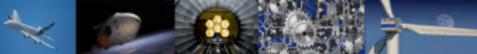
- Entrée : longueur du vérin :  $\lambda(t)$  ;
- Sortie : angle d'ouverture du hayon :  $\theta(t)$ .

**Q 5 : Écrire la fermeture géométrique associée**

$$\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA} = \overrightarrow{0}$$

$\Leftrightarrow$

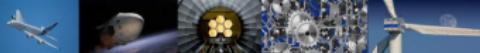
$$L \cdot \vec{x}_v - c \cdot \vec{x}_p + a \cdot \vec{x}_0 - b \cdot \vec{y}_0 = \overrightarrow{0}$$



## Lois d'entrées sorties géométriques

Fermeture géométrique du hayon automatique

Q 6 : Projeter cette équation dans la base  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique du hayon automatique

Q 6 : Projeter cette équation dans la base  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

$$\begin{cases} \lambda(t) \cos \alpha - c \cos \theta + a = 0 \\ \lambda(t) \sin \alpha - c \sin \theta - b = 0 \end{cases}$$



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique du hayon automatique

**Q 7 : Trouver une combinaison entre ces deux équations pour obtenir une loi entrée-sortie entre  $\lambda(t)$  et  $\theta(t)$**

$$\lambda(t) = \sqrt{2c(b \sin \theta - a \cos \theta) + a^2 + b^2 + c^2}$$



## Lois d'entrées sorties géométriques

### Fermeture géométrique du hayon automatique

**Q 7 : Trouver une combinaison entre ces deux équations pour obtenir une loi entrée-sortie entre  $\lambda(t)$  et  $\theta(t)$**

Il faut éliminer  $\alpha$ , on l'isole alors dans chaque équation :

$$\begin{aligned} (1) \quad & \left\{ \begin{array}{l} \lambda(t) \cos \alpha = c \cos \theta - a \\ \lambda(t) \sin \alpha = c \sin \theta + b \end{array} \right. \\ (2) \quad & \end{aligned}$$

On peut alors éliminer  $\alpha$  en calculant  $(1)^2 + (2)^2$  :

$$\lambda^2(t) = (c \cos \theta - a)^2 + (c \sin \theta + b)^2 = 2c(b \sin \theta - a \cos \theta) + a^2 + b^2 + c^2$$

$\lambda(t)^2$  est strictement croissante pour  $\theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$

En  $\theta = 0$ ,  $\lambda(\theta = 0)^2 = -2 \cdot c \cdot a + a^2 + b^2 + c^2 \approx 0,19m^2$

$$\boxed{\lambda(t) = \sqrt{2c(b \sin \theta - a \cos \theta) + a^2 + b^2 + c^2}}$$



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique

Lorsqu'un système possède une architecture en chaîne fermée, on écrit une relation "torseurielle" de fermeture de la boucle **cinématique**.

$$\left\{ \gamma_{(S_1/S_n)} \right\} = \left\{ \gamma_{(S_1/S_2)} \right\} + \left\{ \gamma_{(S_2/S_3)} \right\} + \cdots + \left\{ \gamma_{(S_{n-1}/S_n)} \right\} \quad (2)$$

On obtient alors deux équations vectorielles (une en vitesse au même point et une en vitesse de rotation) que l'on peut projeter dans une base. Il en résulte un système linéaire d'équations (3 en 2D et 6 en 3D).



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

**Q 8 :** Déterminer la fermeture cinématique du problème en s'appuyant du graphe des liaisons.

**Q 9 :** Justifier l'utilisation d'une modélisation plane



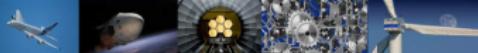
## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

**Q 8 :** Déterminer la fermeture cinématique du problème en s'appuyant du graphe des liaisons.

$$\left\{ \mathcal{V}_{(S_1/S_0)} \right\} = \left\{ \mathcal{V}_{(S_1/S_2)} \right\} + \left\{ \mathcal{V}_{(S_2/S_3)} \right\} + \left\{ \mathcal{V}_{(S_3/S_0)} \right\}$$

**Q 9 :** Justifier l'utilisation d'une modélisation plane



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

**Q 8 :** Déterminer la fermeture cinématique du problème en s'appuyant du graphe des liaisons.

$$\left\{ \mathcal{V}_{(S_1/S_0)} \right\} = \left\{ \mathcal{V}_{(S_1/S_2)} \right\} + \left\{ \mathcal{V}_{(S_2/S_3)} \right\} + \left\{ \mathcal{V}_{(S_3/S_0)} \right\}$$

**Q 9 : Justifier l'utilisation d'une modélisation plane**

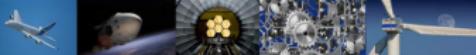
Le mouvement des solides restent dans le plan  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0)$ .



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 10 : Exprimer chaque torseur aux "centres de liaisons".



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 10 : Exprimer chaque torseur aux "centres de liaisons".

$$\left\{ \mathcal{V}_{(1/0)} \right\} = \underset{B}{\left\{ \overrightarrow{\Omega_{(1/0)}}_0 = \dot{\theta} \vec{z}_0 \right\}}$$

$$\left\{ \mathcal{V}_{(1/2)} \right\} = \underset{C}{\left\{ \overrightarrow{\Omega_{(1/2)}}_0 = \dot{\theta}_{21} \vec{z}_0 \right\}}$$

$$\left\{ \mathcal{V}_{(2/3)} \right\} = \underset{C}{\left\{ \begin{array}{l} \overrightarrow{\Omega_{(2/3)}}_0 = \vec{0} \\ \vec{V}(C \in 2/3) = \dot{\lambda} \cdot \vec{x}_v \end{array} \right\}}$$

$$\left\{ \mathcal{V}_{(3/0)} \right\} = \underset{A}{\left\{ \overrightarrow{\Omega_{(3/0)}}_0 = \dot{\alpha} \vec{z}_0 \right\}}$$



## Lois d'entrées sorties cinématiques

Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 11 : Exprimer tous les torseurs en C



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 11 : Exprimer tous les torseurs en C

$$\vec{V}(C \in 1/0) = \vec{V}(B \in 1/0) + \overrightarrow{CB} \wedge \dot{\theta} \vec{z}_0 = -c \vec{x}_p \wedge \dot{\theta} \vec{z}_0 = c\dot{\theta} \vec{y}_p$$

$$\vec{V}(C \in 3/0) = \vec{V}(A \in 3/0) + \overrightarrow{CA} \wedge \dot{\alpha} \vec{z}_0 = -\lambda \vec{x}_v \wedge \dot{\alpha} \vec{z}_0 = \lambda \dot{\alpha} \vec{y}_v$$

D'où :

$$\left\{ \mathcal{V}_{(1/0)} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\theta} \vec{z}_0 \\ c\dot{\theta} \vec{y}_p \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \mathcal{V}_{(3/0)} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \dot{\alpha} \vec{z}_0 \\ \lambda \dot{\alpha} \vec{y}_v \end{array} \right\}$$



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 12 : Écrire la fermeture cinématique en vitesse en projection selon  $\vec{x}_v$  et n déduire une relation entre  $\dot{\lambda}$ ,  $c$ ,  $\dot{\theta}$ ,  $\alpha$  et  $\theta$ .



## Lois d'entrées sorties cinématiques

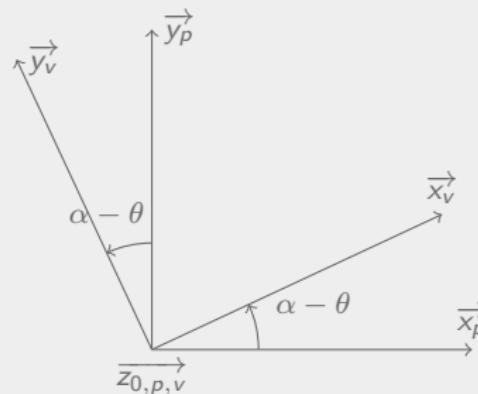
### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 12 : Écrire la fermeture cinématique en vitesse en projection selon  $\vec{x}_v$  et  $n$  déduire une relation entre  $\dot{\lambda}$ ,  $c$ ,  $\dot{\theta}$ ,  $\alpha$  et  $\theta$ .

$$\left( \vec{V}(C \in 1/0) = \vec{V}(C \in 1/2) + \vec{V}(C \in 2/3) + \vec{V}(C \in 3/0) \right) \cdot \vec{x}_v$$

$$c\dot{\theta} \vec{y}_p \cdot \vec{x}_v = \dot{\lambda}$$

$$\boxed{\dot{\lambda} = c\dot{\theta} \sin(\alpha - \theta)}$$





## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 13 : Utiliser les résultats de la fermetures géométriques pour exprimer  $\lambda$  en fonction de  $\theta$ ,  $\dot{\theta}$  et des paramètres géométriques du problème ( $a$ ,  $b$  et  $c$ ).



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Fermeture cinématique du hayon automatique

Q 13 : Utiliser les résultats de la fermetures géométriques pour exprimer  $\dot{\lambda}$  en fonction de  $\theta$ ,  $\dot{\theta}$  et des paramètres géométriques du problème ( $a$ ,  $b$  et  $c$ ).

Or,

$$\sin(\alpha - \theta) = \sin \alpha \cos \theta - \cos \alpha \sin \theta$$

Et  $\cos \theta \cdot (2) - \sin \theta \cdot (1)$  donne :

$$\sin(\alpha - \theta) = \frac{b \cos \theta + a \sin \theta}{\lambda(t)}$$

On obtient donc :

$$\dot{\lambda} = c \dot{\theta} \frac{b \cos \theta + a \sin \theta}{\sqrt{2c(b \sin \theta - a \cos \theta) + a^2 + b^2 + c^2}}$$



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Remarque

On peut obtenir cette relation en dérivant  $\lambda(t)$  obtenue avec la fermeture géométrique. **Q 14 : Retrouver  $\dot{\lambda}$  en dérivant  $\lambda(t)$**



## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Remarque

On peut obtenir cette relation en dérivant  $\lambda(t)$  obtenue avec la fermeture géométrique. **Q 14 : Retrouver  $\dot{\lambda}$  en dérivant  $\lambda(t)$**

$$\dot{\lambda} = \frac{2c\dot{\theta}(b \cos \theta + a \sin \theta)}{2\lambda}$$

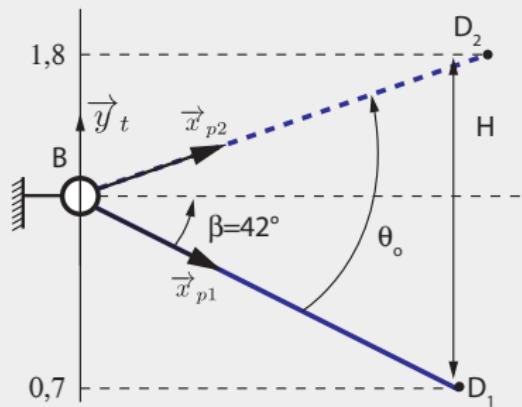


## Lois d'entrées sorties cinématiques

### Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

- On note  $D_1$  et  $D_2$  respectivement les positions du point  $D$  lorsque le coffre est fermé puis ouvert.
- On définit alors  $H$  la hauteur d'ouverture du coffre comme  $H = \overrightarrow{D_1 D_2} \cdot \vec{y}_t$
- On note  $\vec{x}_{p1}$  et  $\vec{x}_{p2}$  respectivement les deux vecteurs directeurs unitaires de  $\overrightarrow{BD_1}$  et  $\overrightarrow{BD_2}$ .

### Paramétrage



**Q 15 :** Dessiner la figure de projection permettant de passer de la base  $(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{z}_t)$  à  $(\vec{x}_p, \vec{y}_p, \vec{z}_p)$ .

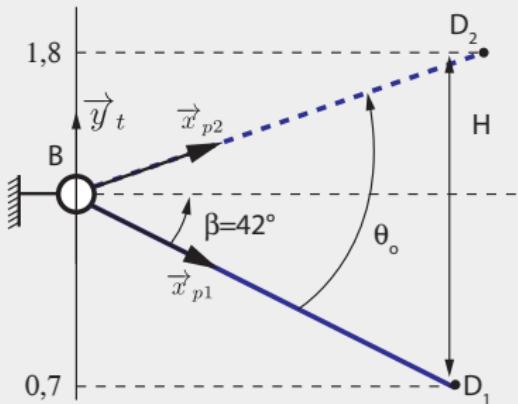


## Lois d'entrées sorties cinématiques

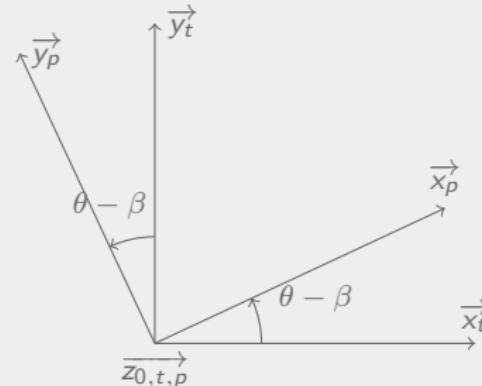
### Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

- On note  $D_1$  et  $D_2$  respectivement les positions du point  $D$  lorsque le coffre est fermé puis ouvert.
- On définit alors  $H$  la hauteur d'ouverture du coffre comme  $H = \overrightarrow{D_1 D_2} \cdot \vec{y}_t$
- On note  $\vec{x}_{p1}$  et  $\vec{x}_{p2}$  respectivement les deux vecteurs directeurs unitaires de  $\overrightarrow{BD_1}$  et  $\overrightarrow{BD_2}$ .

### Paramétrage



**Q 15 : Dessiner la figure de projection permettant de passer de la base  $(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{z}_t)$  à  $(\vec{x}_p, \vec{y}_p, \vec{z}_p)$ .**





## Lois d'entrées sorties cinématiques

Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

**Q 16 :** Déterminer les valeurs de  $\theta_O$  (angle d'ouverture du coffre) pour valider l'exigence 1.8 en exprimant  $H$  en fonction de  $H$ ,  $d$  et  $\beta$ . Faire l'application numérique.



## Lois d'entrées sorties cinématiques

Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

**Q 16 :** Déterminer les valeurs de  $\theta_O$  (angle d'ouverture du coffre) pour valider l'exigence 1.8 en exprimant  $H$  en fonction de  $H$ ,  $d$  et  $\beta$ . Faire l'application numérique.

$$H = \overrightarrow{D_1 D_2} \cdot \vec{y}_t = (\overrightarrow{BD_2} - \overrightarrow{BD_1}) \cdot \vec{y}_t = (d \vec{x}_{p2} - d \vec{x}_{p1}) \cdot \vec{y}_t$$

- Pour  $D_1$  :  $\theta = 0$  :
- Pour  $D_2$  :  $\theta = \theta_O$

Ainsi :

$$H = d \sin(\theta_O - \beta) - d \sin(-\beta)$$

On obtient alors :

$$\theta_O = \beta + \arcsin \left( \frac{H - d \sin \beta}{d} \right) \approx 67,5^\circ$$



## Lois d'entrées sorties cinématiques

Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

**Q 17 :** Déterminer alors la course du vérin.

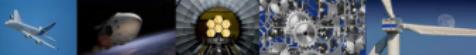


## Lois d'entrées sorties cinématiques

Conclusion : Validation du cahier des charges et dimensionnement du vérin

**Q 17 : Déterminer alors la course du vérin.**

$$\begin{aligned} \text{course} &= \lambda(\theta_O) - \lambda(0) = \sqrt{2c(b \sin \theta_O - a \cos \theta_O) + a^2 + b^2 + c^2} \\ &\quad - \sqrt{-2ca + a^2 + b^2 + c^2} = 13,2\text{cm} \end{aligned}$$



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

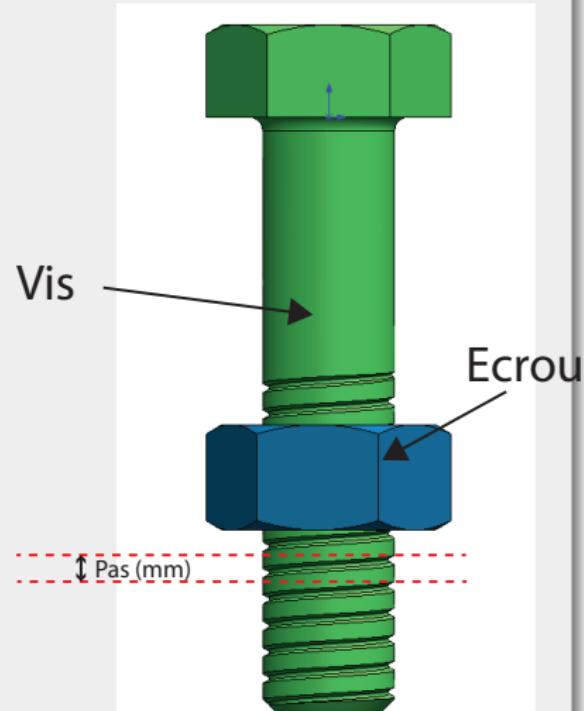
## Vis-écrou

### Vis-écrou

- **Type de transformation** : rotation continue en translation continue
- **Réversibilité** : généralement mais dépend du coefficient de frottement entre la vis et l'écrou
- **Applications technologiques** : Vérins électriques, chariot de machines outils
- **Caractéristiques** : pas de vis défini en  $m/tour$

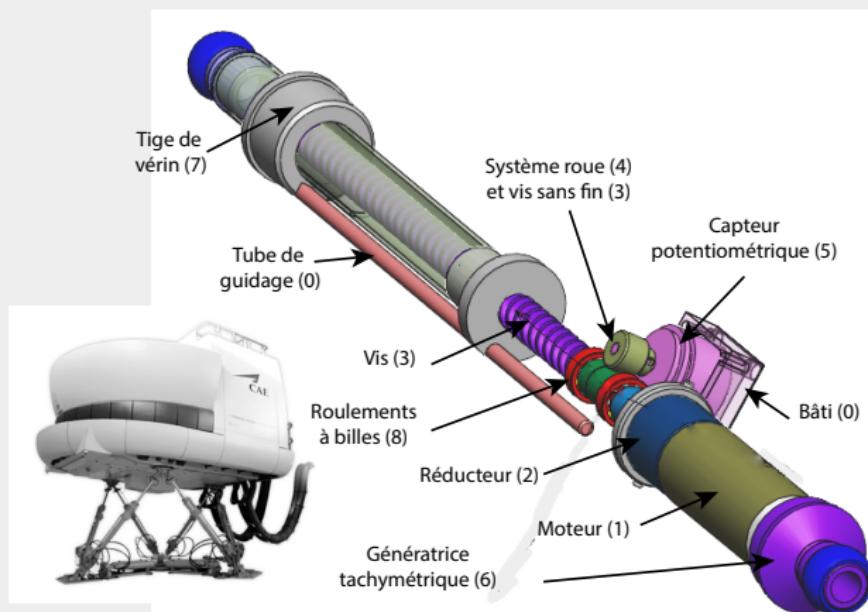
$$\lambda = \frac{\text{pas}}{2\pi} \theta \quad (3)$$

*Un tour de vis par rapport à l'écrou correspond à une translation du pas par rapport à l'écrou.*

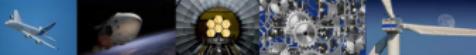


## Vis-écrou

### Application technologique des systèmes vis-écrou



Vérin électrique de la plate-forme de simulateur 6 axes



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

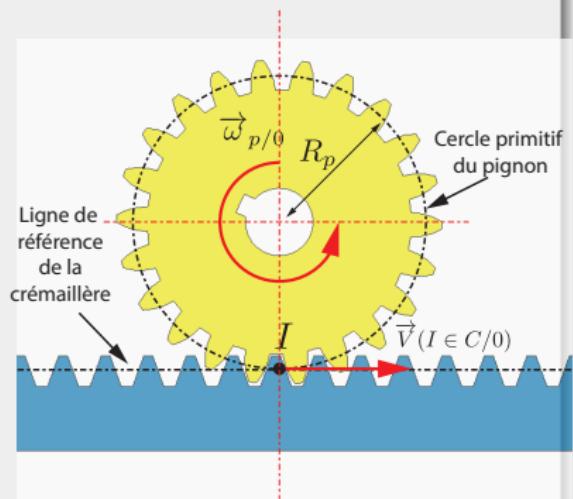
- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

## Pignon-crémaillère

### Pignon-crémaillère

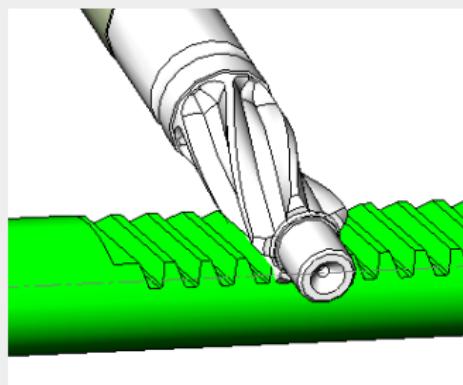
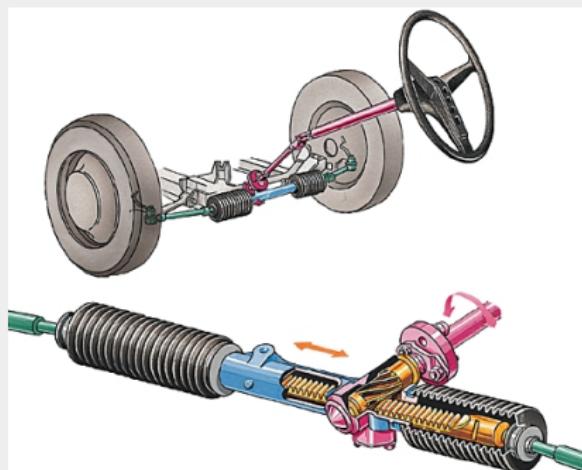
- Type de transformation : rotation continue en translation continue
- Réversibilité : oui
- Applications technologiques : Porte de train, porte de garage, direction de voiture
- Caractéristiques : Rayon primitif du pignon :  $R_p$

$$\|\vec{V}(I \in C/0)\| = R_p \cdot \omega_{p/0} \quad (4)$$



## Pignon-crémaillère

### Application technologique des systèmes pignons-crémaillère



Système de direction d'une automobile



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

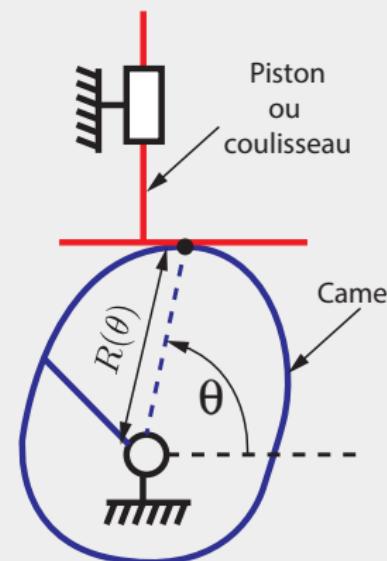
## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

## Transmission par came

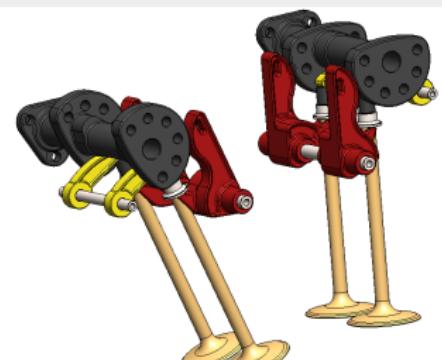
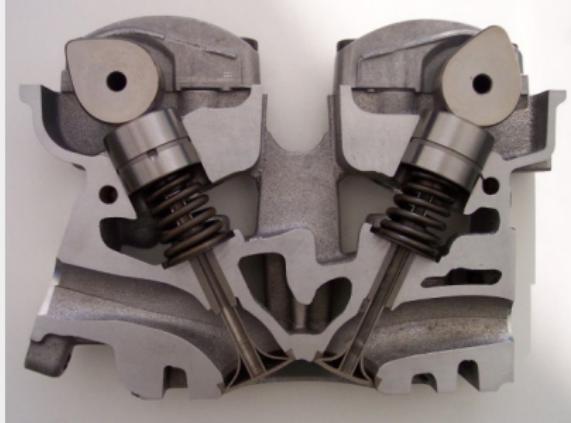
### Transmission par came

- **Type de transformation** : rotation continue en translation alternative
- **Réversibilité** : non
- **Applications technologiques** : Pompe hydraulique, arbre à came
- **Caractéristiques** : La rotation continue de la came dont le rayon  $R(\theta)$  est défini en coordonnées polaires est transformée en rotation alternative

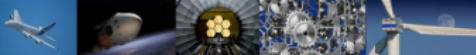


## Transmission par came

### Application technologique des systèmes de transmission par came



Soupapes de moteurs à explosions actionnées par des cames



# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

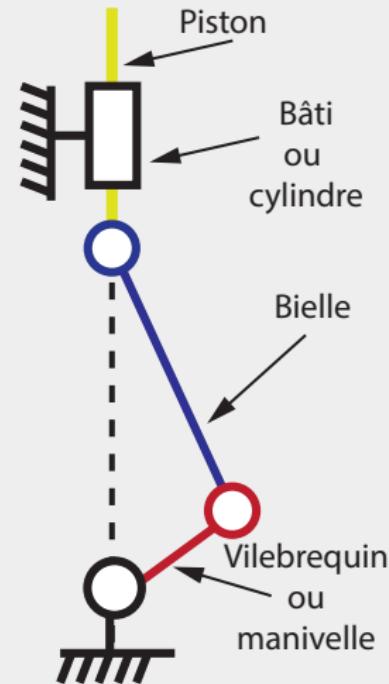
## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques

## Transmission par bielle-manivelle

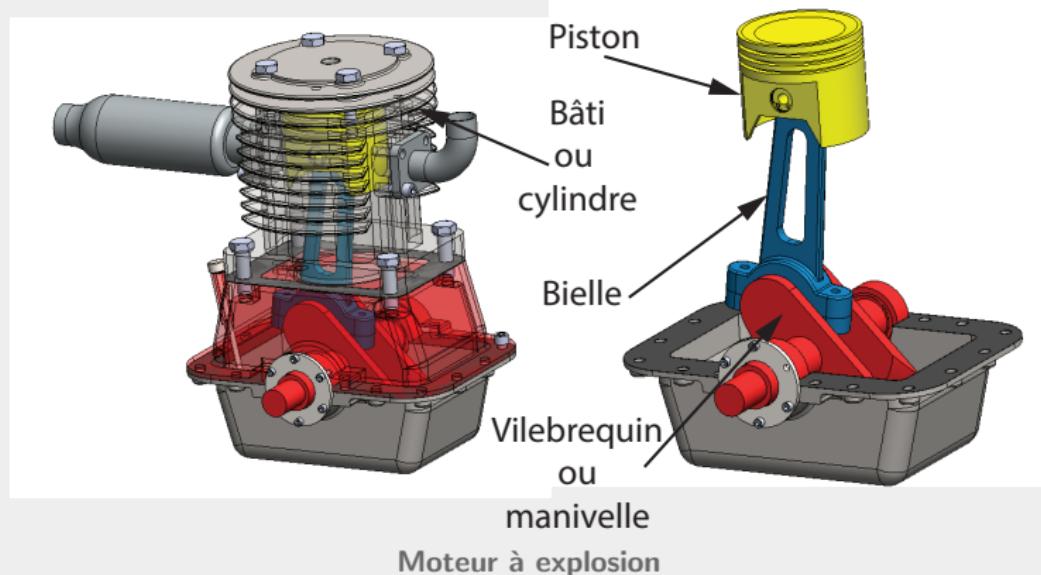
### Transmission par bielle-manivelle

- Type de transformation : translation alternative en rotation continu
- Réversibilité : oui
- Applications technologiques : Moteurs thermiques, compresseurs, pompes et moteurs hydrauliques
- Caractéristiques : *La relation entre la rotation de la manivelle et la translation du piston dépend de la longueur de l'excentrage sur la manivelle (ou vilebrequin) et la longueur de la bielle.*



## Transmission par bielle-manivelle

### Application technologique des systèmes de transmission par bielle-manivelle





# Plan

## 1 Introduction

- Présentation et problématique du support d'étude
- Modélisation structurelle du système étudié

## 2 Lois d'entrées-sorties d'un mécanisme

- Lois d'entrées sorties géométriques
- Lois d'entrées sorties cinématiques

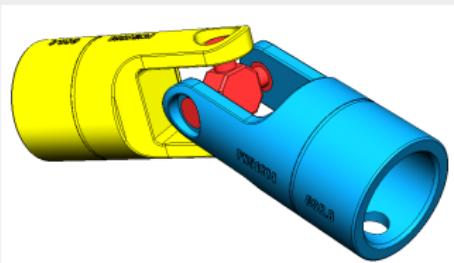
## 3 Exemples de système de transformation de mouvement

- Vis-écrou
- Pignon-crémaillère
- Transmission par came
- Transmission par bielle-manivelle
- Joints de transmission ou accouplement mécaniques



## Transmission par bielle-manivelle

### Application technologique des joints de transmission



Joint Cardan



Joint tripode