

# 1 Lève vitre électrique

## 1.1 Présentation du système



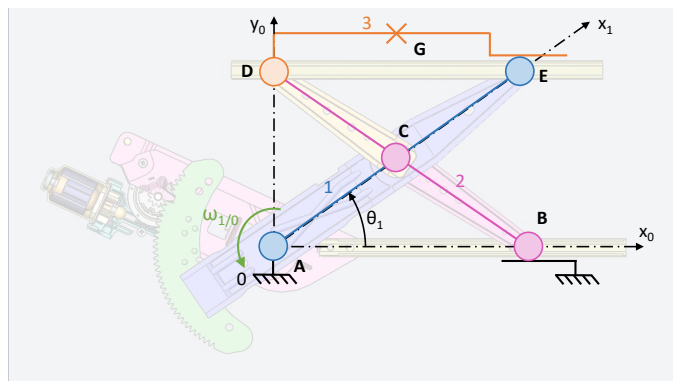
Les vitres électriques sont mises en mouvement grâce à un moteur électrique en rotation. C'est le système que nous étudions ici qui permet de transformer ce mouvement de rotation en translation de la vitre.

## 2 Etude de la vitesse du déplacement de la vitre

Le mouvement d'entrée est la rotation de 1 par rapport à 0, la vitesse est donc  $\omega_{1/0}$  indiquée sur la figure ci-contre.

Données géométriques :

- $\vec{AE} = L \cdot \vec{x}_1$ ,
- $\vec{AB} = L \cdot \cos(\theta_1) \cdot \vec{x}_0$ ,
- $\vec{AD} = L \cdot \sin(\theta_1) \cdot \vec{y}_0$ ,
- $\vec{AC} = \frac{L}{2} \cdot \vec{x}_1$ ,
- $\vec{DG} = \frac{L}{2} \cdot \cos(\theta_1) \cdot \vec{x}_0 + e \cdot \vec{y}_0$ ,



Les liaisons aux points A, C et D sont des liaisons pivots et celles en B et E sont des liaisons ponctuelles.

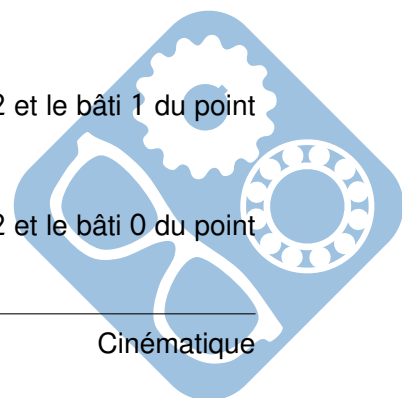
**Question 1 :** Dessiner le graphe de liaison de ce système.

**Question 2 :** Donner les torseurs cinématiques suivants :

- $\{V_{1/0}\}$  de la liaison entre la pièce 1 et le bâti 0 en A,
- $\{V_{2/1}\}$  de la liaison entre la pièce 2 et le bâti 1 en C,
- $\{V_{2/0}\}$  de la liaison entre la pièce 2 et le bâti 0 en B,
- $\{V_{3/2}\}$  de la liaison entre la pièce 3 et le bâti 2 en D,
- $\{V_{3/1}\}$  de la liaison entre la pièce 3 et le bâti 1 en E.

**Question 3 :** Déplacer le torseur cinématique  $\{V_{2/1}\}$  de la liaison entre la pièce 2 et le bâti 1 du point C au point A.

**Question 4 :** Déplacer le torseur cinématique  $\{V_{2/0}\}$  de la liaison entre la pièce 2 et le bâti 0 du point B au point A.



### 3 Questions bonus à faire à la maison

**Question 5 :** Déplacer le torseur cinématique  $\{V_{3/2}\}$  de la liaison entre la pièce 3 et le bâti 2 du point D au point A.

**Question 6 :** Déplacer le torseur cinématique  $\{V_{3/1}\}$  de la liaison entre la pièce 3 et le bâti 1 du point E au point A.

Une des deux relations torsorielles nécessaires afin de résoudre le comportement de ce système est  $\{V_{3/1}\}_{A,R_0} + \{V_{1/0}\}_{A,R_0} = \{V_{3/2}\}_{A,R_0} + \{V_{2/0}\}_{A,R_0}$ .

**Question 7 :** Déterminer une autre relation torsorielle complémentaire.

**Question 8 :** Écrire le système d'équations qui lie les composantes des torseurs cinématiques issu des ces deux relations torsorielles.

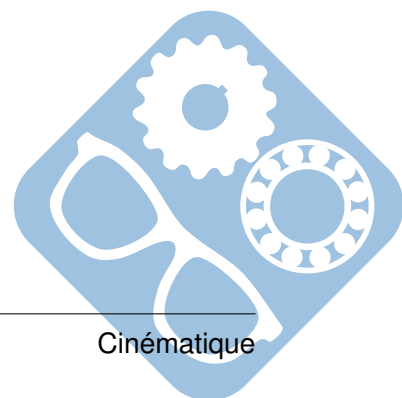
**Question 9 :** En déduire la vitesse  $\overrightarrow{V_{E \in 3/1}}$  en fonction de  $\omega_{1/0}$ ,  $\theta_1$  et L.

Rappels :

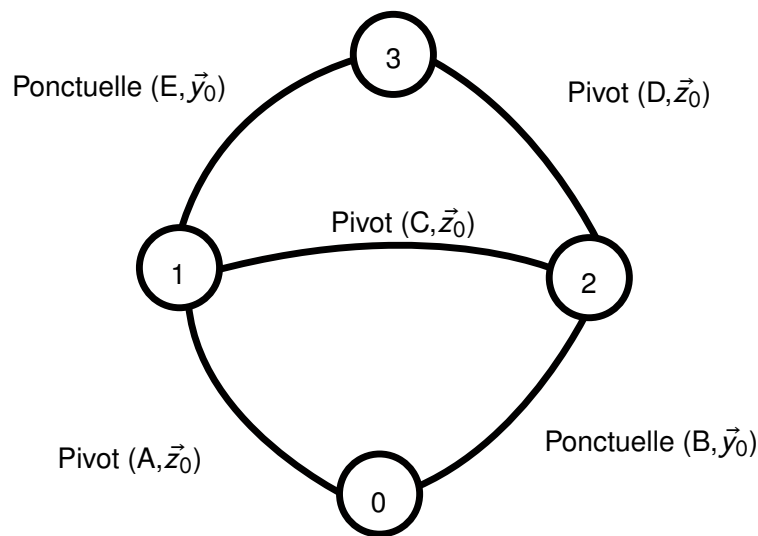
On notera le torseur cinématique du solide i par rapport au solide j exprimé au point M par :

$$\{V_{i/j}\} = \left\{ \begin{array}{cc} \omega_{x,ij} & V_{x,M,ij} \\ \omega_{y,ij} & V_{y,M,ij} \\ \omega_{z,ij} & V_{z,M,ij} \end{array} \right\}_{X,R_P}, \text{ avec } R_P = (\vec{X}_P, \vec{Y}_P, \vec{Z}_P)$$

FIN



Question 1 :



Question 2 :

$$\{V_{1/0}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{10} & 0 \end{Bmatrix}_A \quad \{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{21} & 0 \end{Bmatrix}_C \quad \{V_{2/0}\} = \begin{Bmatrix} \omega_{x,20} & V_{x,20} \\ \omega_{y,20} & 0 \\ \omega_{z,20} & V_{z,20} \end{Bmatrix}_B \quad \{V_{3/2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{32} & 0 \end{Bmatrix}_D$$

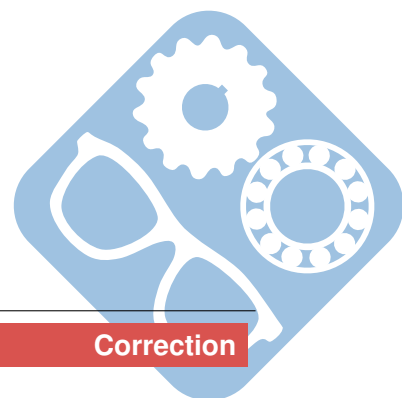
$$\{V_{3/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_{x,31} & V_{x,31} \\ \omega_{y,31} & 0 \\ \omega_{z,31} & V_{z,31} \end{Bmatrix}_E$$

Question 3 :

$$\{V_{2/1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{21} & 0 \end{Bmatrix}_C = \begin{Bmatrix} 0 & \frac{L}{2} \cdot \omega_{21} \cdot \sin(\theta_1) \\ 0 & -\frac{L}{2} \cdot \omega_{21} \cdot \cos(\theta_1) \\ \omega_{21} & 0 \end{Bmatrix}_A$$

Question 4 :

$$\{V_{2/0}\} = \begin{Bmatrix} \omega_{x,20} & V_{x,20} \\ \omega_{y,20} & 0 \\ \omega_{z,20} & V_{z,20} \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} \omega_{x,20} & V_{x,20} \\ \omega_{y,20} & -L \cdot \omega_{z,20} \cdot \cos(\theta_1) \\ \omega_{z,20} & V_{z,20} + L \cdot \omega_{y,20} \cdot \cos(\theta_1) \end{Bmatrix}_A$$



**Question 5 :**

$$\{V_{3/2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_{32} & 0 \end{Bmatrix}_D = \begin{Bmatrix} 0 & L.\omega_{32}.\sin(\theta_1) \\ 0 & 0 \\ \omega_{32} & 0 \end{Bmatrix}_A$$

**Question 6 :**

$$\{V_{3/1}\} = \begin{Bmatrix} \omega_{x,31} & V_{x,31} \\ \omega_{y,31} & 0 \\ \omega_{z,31} & V_{z,31} \end{Bmatrix}_E = \begin{Bmatrix} \omega_{x,31} & V_{x,31} + L.\omega_{z,31}.\sin(\theta_1) \\ \omega_{y,31} & -L.\omega_{z,31}.\cos(\theta_1) \\ \omega_{z,31} & V_{z,31} + L.\omega_{y,31}.\cos(\theta_1) - L.\omega_{x,31}.\sin(\theta_1) \end{Bmatrix}_A$$

**Question 7 :**

$$\{V_{2/0}\} = \{V_{2/1}\} + \{V_{1/0}\} \text{ ou } \{V_{3/1}\} = \{V_{3/2}\} + \{V_{2/1}\}$$

**Question 8 :**

$$\begin{aligned} \{V_{3/1}\}_{A,R_0} + \{V_{1/0}\}_{A,R_0} &= \{V_{3/2}\}_{A,R_0} + \{V_{2/0}\}_{A,R_0} \\ \begin{cases} \omega_{x,31} = \omega_{x,20} \\ \omega_{y,31} = \omega_{y,20} \\ \omega_{z,31} + \omega_{10} = \omega_{32} + \omega_{z,20} \\ V_{x,31} + L.\omega_{z,31}.\sin(\theta_1) = L.\omega_{32}.\sin(\theta_1) + V_{x,20} \\ -L.\omega_{z,31}.\cos(\theta_1) = -L.\omega_{z,20}.\cos(\theta_1) \\ V_{z,31} + L.\omega_{y,31}.\cos(\theta_1) - L.\omega_{x,31}.\sin(\theta_1) = V_{z,20} + L.\omega_{y,20}.\cos(\theta_1) \end{cases} \\ \begin{cases} \omega_{x,20} = 0 \\ \omega_{y,20} = 0 \\ \omega_{z,20} = \omega_{21} + \omega_{10} \\ V_{x,20} = \frac{L}{2}.\omega_{21}.\sin(\theta_1) \\ -L.\omega_{z,20}.\cos(\theta_1) = -\frac{L}{2}.\omega_{21}.\cos(\theta_1) \\ V_{z,20} + L.\omega_{y,20}.\cos(\theta_1) = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

**Question 9 :**

$$\begin{aligned} \overrightarrow{V_{E \in 3/1}} &= V_{x,31}.\vec{x}_0 + V_{z,31}.\vec{z}_0 \\ \overrightarrow{V_{E \in 3/1}} &= L.\sin(\theta_1).\omega_{10}.\vec{x}_0 \end{aligned}$$

