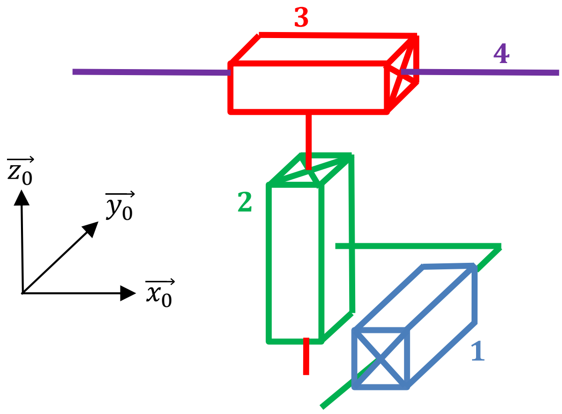
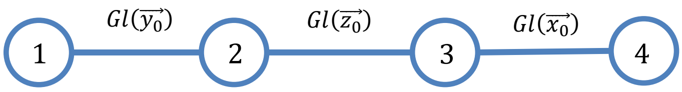
Liaisons équivalentes

Exercice 1: 3 glissières orthogonales



Question 1: Etablir le graph des liaisons du mécanisme



Question 2: Les liaisons sont-elles en série ou en parallèle ?

$$Série\ -\ Statique -\ Egalité$$

Question 3: Choisir, en le justifiant, point et base utiles à la détermination de la liaison équivalente

On ne reconnaît pas de liaison normalisée :

- On peut prendre n'importe quel point de l'espace : Notons le P
- Compte tenu des axes des glissières, on choisit la base : $\mathfrak{B}_0$

Question 4: Mener l'analyse et donner le torseur équivalent

$$\{T_{41}\} = \{T_{43}\} = \{T_{32}\} = \{T_{21}\}$$
$$\{T_{41}\} = \begin{Bmatrix} X_{41} & L_{41} \\ Y_{41} & M_{41} \\ Z_{41} & N_{41} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$$

Liaison	Torseur canonique	Changement de pt	En P dans $\mathfrak{B}$
$\{T_{43}\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & L_{43} \\ Y_{43} & M_{43} \\ Z_{43} & N_{43} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$	RAS	$\begin{Bmatrix} 0 & L_{43} \\ Y_{43} & M_{43} \\ Z_{43} & N_{43} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$
$\{T_{32}\}$	$\begin{Bmatrix} X_{32} & L_{32} \\ Y_{32} & M_{32} \\ 0 & N_{32} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$	RAS	$\begin{Bmatrix} X_{32} & L_{32} \\ Y_{32} & M_{32} \\ 0 & N_{32} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$
$\{T_{21}\}$	$\begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ 0 & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$	RAS	$\begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ 0 & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$

$$\begin{Bmatrix} X_{41} & L_{41} \\ Y_{41} & M_{41} \\ Z_{41} & N_{41} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} 0 & L_{43} \\ Y_{43} & M_{43} \\ Z_{43} & N_{43} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} X_{32} & L_{32} \\ Y_{32} & M_{32} \\ 0 & N_{32} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ 0 & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$$

$$\begin{cases} X_{41} = 0 = X_{32} = X_{21} \\ Y_{41} = Y_{43} = Y_{32} = 0 \\ Z_{41} = Z_{43} = 0 = Z_{21} \\ L_{41} = L_{43} = L_{32} = L_{21} \\ M_{41} = M_{43} = M_{32} = M_{21} \\ N_{41} = N_{43} = N_{32} = N_{21} \end{cases}$$

$$\{T_{41}\} = \begin{Bmatrix} 0 & L_{41} \\ 0 & M_{41} \\ 0 & N_{41} \end{Bmatrix}_P^{\mathfrak{B}_0}$$

Les 3 inconnues L_{41}, M_{41} et N_{41} sont indépendantes

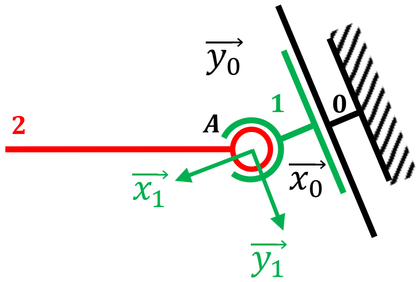
Question 5: Combien d'inconnues possède cette liaison équivalente ?

$$I_s = 3$$

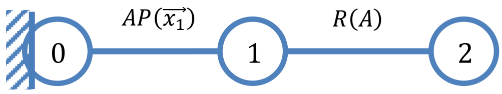
Question 6: La liaison est-elle une liaison normalisée ?

$$Non$$

Exercice 2: Pompe hydraulique à pistons axiaux



Question 1: Etablir le graph des liaisons du mécanisme



Question 2: Les liaisons sont-elles en série ou en parallèle ?

$$Série \ - \ Statique - \ Egalité$$

Question 3: Choisir, en le justifiant, point et base utiles à la détermination de la liaison équivalente

Soit on reconnaît une liaison ponctuelle en A de normale $(A, \overrightarrow{x_1})$: on va se placer en A dans la base 1

- On choisit le point de contact : A
- On choisit la base contenant la normale : $\mathfrak{B}_1$

Sinon :

- La liaison appui plan est valable partout dans l'espace
- La liaison rotule est valable en A : il est donc judicieux de se placer en A
- On voit que la liaison appui plan est définie par le vecteur $\overrightarrow{x_1}$, le torseur de la rotule est aussi simple dans toute base de l'espace, on choisit donc la base 1

Question 4: Mener l'analyse et donner le torseur équivalent

$$\{T_{20}\} = \{T_{21}\} = \{T_{10}\}$$

$$\{T_{20}\} = \begin{Bmatrix} X_{20} & L_{20} \\ Y_{20} & M_{20} \\ Z_{20} & N_{20} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

Liaison	Torseur canonique	Changement de pt	En P dans $\mathfrak{B}$
$\{T_{21}\}$	$\begin{Bmatrix} X_{21} & 0 \\ Y_{21} & 0 \\ Z_{21} & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$	RAS	$\begin{Bmatrix} X_{21} & 0 \\ Y_{21} & 0 \\ Z_{21} & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$
$\{T_{10}\}$	$\begin{Bmatrix} X_{10} & 0 \\ 0 & M_{10} \\ 0 & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$	RAS	$\begin{Bmatrix} X_{10} & 0 \\ 0 & M_{10} \\ 0 & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$

$$\begin{Bmatrix} X_{20} & L_{20} \\ Y_{20} & M_{20} \\ Z_{20} & N_{20} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} X_{21} & 0 \\ Y_{21} & 0 \\ Z_{21} & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} X_{10} & 0 \\ 0 & M_{10} \\ 0 & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

$$\begin{cases} X_{20} = X_{21} = X_{10} \\ Y_{20} = Y_{21} = 0 \\ Z_{20} = Z_{21} = 0 \\ L_{20} = 0 = 0 \\ M_{20} = 0 = M_{10} \\ N_{20} = 0 = N_{10} \end{cases}$$

$$\{T_{41}\} = \begin{Bmatrix} X_{20} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

Une seule inconnue, pas de problèmes d'indépendance.

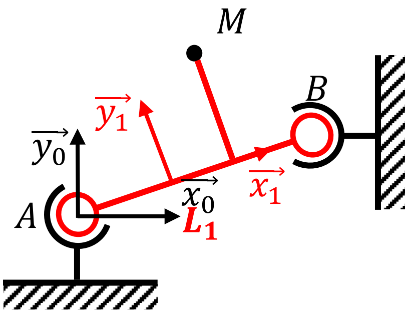
Question 5: Combien d'inconnues possède cette liaison équivalente ?

$$I_s = 1$$

Question 6: La liaison est-elle une liaison normalisée ?

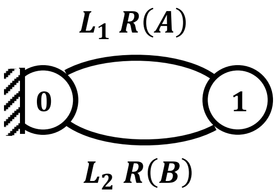
$$Pctl(A, \overrightarrow{x_1})$$

Exercice 3: Guidage en rotation



On s'intéresse à la liaison équivalente 1/0.

Question 1: Etablir le graph des liaisons du mécanisme



Question 2: Les liaisons sont-elles en série ou en parallèle ?

$$Parallèle\ -\ Statique - \ Somme$$

Question 3: Choisir, en le justifiant, point et base utiles à la détermination de la liaison équivalente

Soit on reconnaît une liaison pivot d'axe $(A, \overrightarrow{x_1})$

- On choisit un point de l'axe : A
- On choisit la base contenant l'axe : $\mathfrak{B}_1$

Soit :

- On voit deux rotules qui sont uniquement valables en leur centre, ce qui nous conduit à choisir soit A, soit B
- Si on ne se place pas dans la base 1, on aura un déplacement de point d'un des deux torseurs qui fera apparaître deux termes au lieu d'un, on choisit donc la base 1

Question 4: Mener l'analyse et donner le torseur équivalent

$$\{T_{10}\} = \{T_{10}^1\} + \{T_{10}^2\}$$

$$\{T_{1/0}\} = \begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

Liaison	Torseur canonique	Changement de pt	En P dans $\mathfrak{B}$
$\{T_{10}^1\}$	$\begin{Bmatrix} X_{10}^1 & 0 \\ Y_{10}^1 & 0 \\ Z_{10}^1 & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$	RAS	$\begin{Bmatrix} X_{10}^1 & 0 \\ Y_{10}^1 & 0 \\ Z_{10}^1 & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$
$\{T_{10}^2\}$	$\begin{Bmatrix} X_{10}^2 & 0 \\ Y_{10}^2 & 0 \\ Z_{10}^2 & 0 \end{Bmatrix}_B^{\mathfrak{B}_1}$	$\overrightarrow{M_A^2}\left(\overrightarrow{R_{10}^2}\right) = M_B^2\left(\overrightarrow{R_{10}^2}\right) + \overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{R_{10}^2}$ $= \begin{pmatrix} L_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_1} \wedge \begin{pmatrix} X_{10}^2 \\ Y_{10}^2 \\ Z_{10}^2 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ -L_1 Z_{10}^2 \\ L_1 Y_{10}^2 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_1}$	$\begin{Bmatrix} X_{10}^2 & 0 \\ Y_{10}^2 & -L_1 Z_{10}^2 \\ Z_{10}^2 & L_1 Y_{10}^2 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$

$$\begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} X_{10}^1 & 0 \\ Y_{10}^1 & 0 \\ Z_{10}^1 & 0 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1} + \begin{Bmatrix} X_{10}^2 & 0 \\ Y_{10}^2 & -L_1 Z_{10}^2 \\ Z_{10}^2 & L_1 Y_{10}^2 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

$$\{T_{10}\} = \begin{Bmatrix} X_{10}^1 + X_{10}^2 & 0 \\ Y_{10}^1 + Y_{10}^2 & -L_1 Z_{10}^2 \\ Z_{10}^1 + Z_{10}^2 & L_1 Y_{10}^2 \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} X_{10} & 0 \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_A^{\mathfrak{B}_1}$$

Les 5 inconnues X_{10}, Y_{10}, Z_{10}, L_{10} et M_{10} sont indépendantes

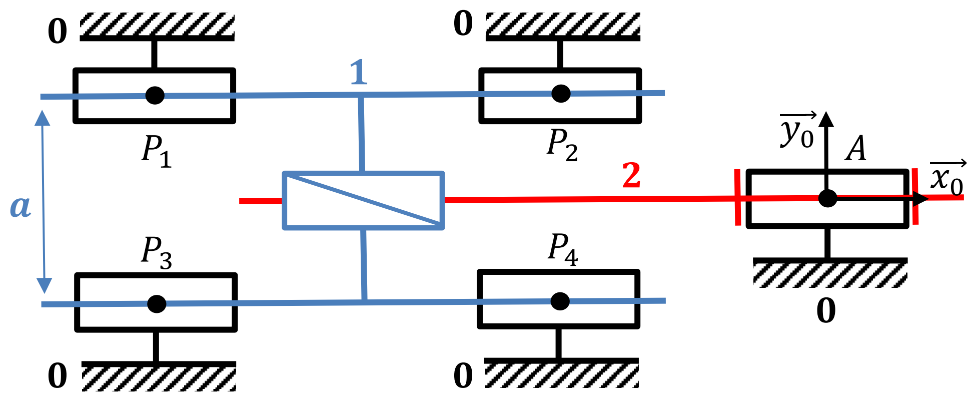
Question 5: Combien d'inconnues possède cette liaison équivalente ?

$$I_s = 5$$

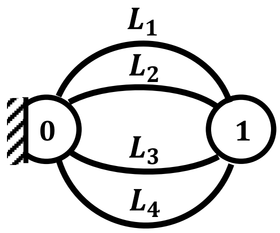
Question 6: La liaison est-elle une liaison normalisée ?

$$P(A, \overrightarrow{x_1})$$

Exercice 4: Guidage en translation



Question 1: Etablir le graph des liaisons du mécanisme



$$\boldsymbol{L_1 = L_2 = PG(P_1, \overrightarrow{x_0})}$$

$$\boldsymbol{L_3 = L_4 = PG(P_3, \overrightarrow{x_0})}$$

Question 2: Les liaisons sont-elles en série ou en parallèle ?

$$Parallèle\ -\ Statique - \ Somme$$

Question 3: Choisir, en le justifiant, point et base utiles à la détermination de la liaison équivalente

Soit on reconnaît une liaison glissière d'axe $\overrightarrow{x_0}$

- On peut prendre tout point de l'espace mais le travail sera plus simple sur l'un des deux axes $(P_1, \overrightarrow{x_0})$ ou $(P_2, \overrightarrow{x_0})$ puisque deux des 4 torseurs y sont définis. Choix : P_1
- On prend la base : $\mathfrak{B}_0$

Soit :

- On choisit un des points des deux axes $(P_1, \overrightarrow{x_0})$ ou $(P_2, \overrightarrow{x_0})$ puisque deux des 4 torseurs y sont définis. Choix : P_1
- On choisit la base 0 commune aux 4 torseurs : $\mathfrak{B}_0$

Question 4: Mener l'analyse et donner le torseur équivalent

$$\{T_{10}\} = \{T_{10}^1\} + \{T_{10}^2\} + \{T_{10}^3\} + \{T_{10}^4\}$$

$$\{T_{10}\} = \begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$$

Liaison	Torseur canonique	Changement de pt	En P dans $\mathfrak{B}$
$\{T_{10}^1\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^1 & M_{10}^1 \\ Z_{10}^1 & N_{10}^1 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$	RAS	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^1 & M_{10}^1 \\ Z_{10}^1 & N_{10}^1 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$
$\{T_{10}^2\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^2 & M_{10}^2 \\ Z_{10}^2 & N_{10}^2 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$	RAS	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^2 & M_{10}^2 \\ Z_{10}^2 & N_{10}^2 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$
$\{T_{10}^3\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^3 & M_{10}^3 \\ Z_{10}^3 & N_{10}^3 \end{Bmatrix}_{P_3}^{\mathfrak{B}_0}$	$\overrightarrow{M_{P_1}^3}\left(\overrightarrow{R_{10}^3}\right) = M_{P_3}^3\left(\overrightarrow{R_{10}^3}\right) + \overrightarrow{P_1P_3} \wedge \overrightarrow{R_{10}^3}$ $= \begin{pmatrix} 0 \\ M_{10}^3 \\ N_{10}^3 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0} + \begin{pmatrix} 0 \\ -a \\ 0 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ Y_{10}^3 \\ Z_{10}^3 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0}$ $= \begin{pmatrix} -aZ_{10}^3 \\ M_{10}^3 \\ N_{10}^3 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0}$	$\begin{Bmatrix} 0 & -aZ_{10}^3 \\ Y_{10}^3 & M_{10}^3 \\ Z_{10}^3 & N_{10}^3 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$
$\{T_{10}^4\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^4 & M_{10}^4 \\ Z_{10}^4 & N_{10}^4 \end{Bmatrix}_{P_3}^{\mathfrak{B}_0}$	$\overrightarrow{M_{P_1}^4}\left(\overrightarrow{R_{10}^4}\right) = \overrightarrow{M_{P_3}^4}\left(\overrightarrow{R_{10}^4}\right) + \overrightarrow{P_1P_3} \wedge \overrightarrow{R_{10}^4}$ $= \begin{pmatrix} 0 \\ M_{10}^4 \\ N_{10}^4 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0} + \begin{pmatrix} 0 \\ -a \\ 0 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ Y_{10}^4 \\ Z_{10}^4 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0}$ $= \begin{pmatrix} -aZ_{10}^4 \\ M_{10}^4 \\ N_{10}^4 \end{pmatrix}^{\mathfrak{B}_0}$	$\begin{Bmatrix} 0 & -aZ_{10}^4 \\ Y_{10}^4 & M_{10}^4 \\ Z_{10}^4 & N_{10}^4 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$

$$\begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^1 & M_{10}^1 \\ Z_{10}^1 & N_{10}^1 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^2 & M_{10}^2 \\ Z_{10}^2 & N_{10}^2 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} + \begin{Bmatrix} 0 & -aZ_{10}^3 \\ Y_{10}^3 & M_{10}^3 \\ Z_{10}^3 & N_{10}^3 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} + \begin{Bmatrix} 0 & -aZ_{10}^4 \\ Y_{10}^4 & M_{10}^4 \\ Z_{10}^4 & N_{10}^4 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$$

$$\begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} 0 & -aZ_{10}^3 - aZ_{10}^4 \\ Y_{10}^1 + Y_{10}^2 + Y_{10}^3 + Y_{10}^4 & M_{10}^1 + M_{10}^2 + M_{10}^3 + M_{10}^4 \\ Z_{10}^1 + Z_{10}^2 + Z_{10}^3 + Z_{10}^4 & N_{10}^1 + N_{10}^2 + N_{10}^3 + N_{10}^4 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$$

$$\{T_{10}\} = \begin{Bmatrix} 0 & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$$

Les 5 inconnues Y_{10}, Z_{10}, L_{10}, M_{10} et N_{10} sont indépendantes.

Question 5: Combien d'inconnues possède cette liaison équivalente ?

$$I_s = 5$$

Question 6: La liaison est-elle une liaison normalisée ?

$$Gl(\overrightarrow{x_0})$$

Question 7: Quelle liaison est réalisée si $a = 0$?

$$\{T_{10}\} = \begin{Bmatrix} X_{10} & L_{10} \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^1 + Y_{10}^2 + Y_{10}^3 + Y_{10}^4 & M_{10}^1 + M_{10}^2 + M_{10}^3 + M_{10}^4 \\ Z_{10}^1 + Z_{10}^2 + Z_{10}^3 + Z_{10}^4 & N_{10}^1 + N_{10}^2 + N_{10}^3 + N_{10}^4 \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_0}$$

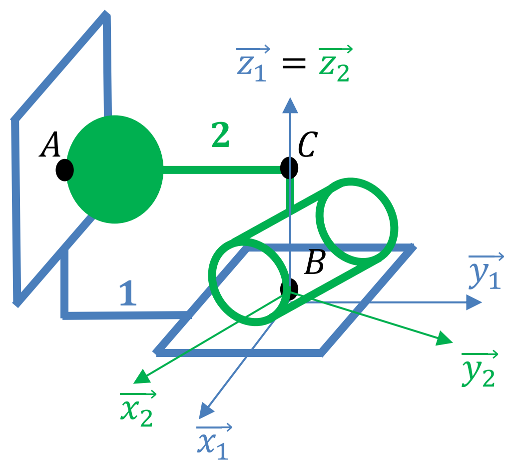
$$\{T_{1/0}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10} & M_{10} \\ Z_{10} & N_{10} \end{Bmatrix}_{P_1}^{\mathfrak{B}_1}$$

$$I_s = 4$$

$$PG(P_1, \overrightarrow{x_0})$$

Exercice 5: Liaison complexe

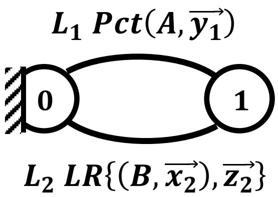
Soit le schéma cinématique suivant :



$$\theta_{21} = (\widehat{\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{x_2}}) = (\widehat{\overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{y_2}})$$

On s’intéresse à la liaison équivalente 2/1.

Question 1: Etablir le graph des liaisons du mécanisme



Question 2: Les liaisons sont-elles en série ou en parallèle ?

$$Parallèle\ -\ Statique - \ Somme$$

Question 3: Choisir, en le justifiant, point et base utiles à la détermination de la liaison équivalente

On ne reconnaît pas de liaison usuelle :

- Il existe un point commun aux lieux de définition des deux torseurs : Point C
- La ponctuelle est définie dans la base 1 et la linéaire rectiligne est définie dans la base 2. On choisit la base : $\mathfrak{B}_1$

Question 4: Mener l'analyse et donner le torseur équivalent

$$\{T_{21}\} = \{T_{21}^1\} + \{T_{21}^2\}$$

$$\{T_{21}\} = \begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$$

Liaison	Torseur canonique	Changement de pt	En P dans $\mathfrak{B}$
$\{T_{21}^1\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{21}^1 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$	RAS	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{21}^1 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$
$\{T_{21}^2\}$	$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & M_{21}^2 \\ Z_{21}^2 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_2}$	RAS	$\begin{Bmatrix} 0 & -M_{21}^2 \sin\theta_{21} \\ 0 & M_{21}^2 \cos\theta_{21} \\ Z_{2/1}^2 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$

$$\begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{21}^1 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1} + \begin{Bmatrix} 0 & -M_{21}^2 \sin\theta_{21} \\ 0 & M_{21}^2 \cos\theta_{21} \\ Z_{2/1}^2 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$$

$$\begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1} = \begin{Bmatrix} 0 & -M_{21}^2 \sin\theta_{21} \\ Y_{21}^1 & M_{21}^2 \cos\theta_{21} \\ Z_{21}^2 & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$$

$$\{T_{21}\} = \begin{Bmatrix} 0 & L_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$$

$$\frac{L_{21}}{M_{21}} = \frac{-M_{21}^2 \sin\theta_{21}}{M_{21}^2 \cos\theta_{21}} = -\tan\theta_{21} \Leftrightarrow L_{21} = -\tan\theta_{21} M_{21}$$

$$\{T_{21}\} = \begin{Bmatrix} 0 & -\tan\theta_{21} M_{21} \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & 0 \end{Bmatrix}_C^{\mathfrak{B}_1}$$

On ne peut reconnaître une liaison usuelle car :

- Il y a dépendance entre inconnues
- La forme ne ressemble à aucun torseur connu

Question 5: Combien d'inconnues possède cette liaison équivalente ?

$$I_s = 3$$

Question 6: La liaison est-elle une liaison normalisée ?

$$Non$$