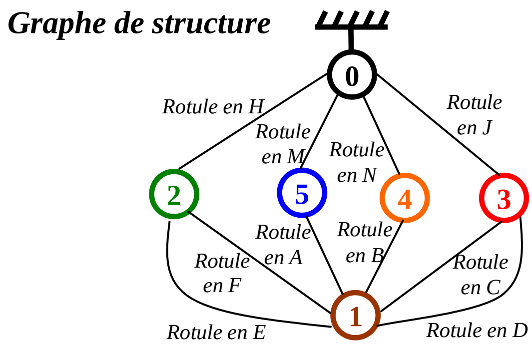
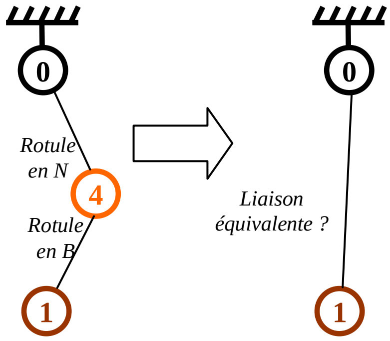
Système d'attache mat réacteur A320 – Corrigé

Q.1.



Q.2. On est dans le cas de liaisons séries → on privilégie la méthode cinématique.



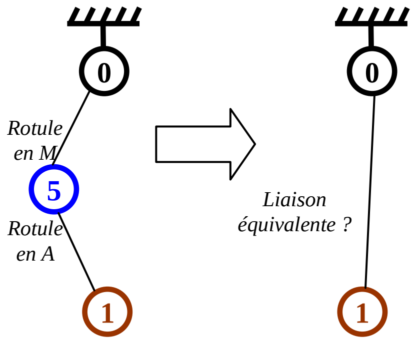
On a : $\{C_{4/0}\} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{40}} & 0\\ \Omega_{y_{40}} & 0\\ \Omega_{z_{40}} & 0\end{matrix}\right\}_{N\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\{C_{1/4}\} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{14}} & 0\\ \Omega_{y_{14}} & 0\\ \Omega_{z_{14}} & 0\end{matrix}\right\}_{B\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et on pose : $\{C_{eq}\} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{eq}} & v_{x_{eq}}\\ \Omega_{y_{eq}} & v_{y_{eq}}\\ \Omega_{z_{eq}} & v_{z_{eq}}\end{matrix}\right\}_{N\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$

$$\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{BN} = a.\vec{z} \;\rightarrow\; \overrightarrow{V_{N,1/4}} = \overrightarrow{V_{B,1/4}} + \overrightarrow{NB} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/4}} = -a.\vec{z} \wedge (\Omega_{x_{14}}.\vec{x} + \Omega_{y_{14}}.\vec{y} + \Omega_{z_{14}}.\vec{z}) = -a.\Omega_{x_{14}}.\vec{y} + a.\Omega_{y_{14}}.\vec{x}$$

$$\rightarrow \{C_{1/4}\} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{14}} & 0\\ \Omega_{y_{14}} & 0\\ \Omega_{z_{14}} & 0\end{matrix}\right\}_{B\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{14}} & a.\Omega_{y_{14}}\\ \Omega_{y_{14}} & -a.\Omega_{x_{14}}\\ \Omega_{z_{14}} & 0\end{matrix}\right\}_{N\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

D'où $\{C_{eq}\} = \{C_{1/0}\} = \{C_{1/4}\} + \{C_{4/0}\}$ d'où : $\left\{\begin{aligned}\Omega_{x_{eq}} &= \Omega_{x_{14}} + \Omega_{x_{40}}\\ \Omega_{y_{eq}} &= \Omega_{y_{14}} + \Omega_{y_{40}}\\ \Omega_{z_{eq}} &= \Omega_{z_{14}} + \Omega_{z_{40}}\\ v_{x_{eq}} &= a.\Omega_{y_{14}}\\ v_{y_{eq}} &= -a.\Omega_{x_{14}}\\ v_{z_{eq}} &= 0\end{aligned}\right.$

$\rightarrow \{C_{eq}\} = \left\{\begin{matrix}\Omega_{x_{14}} + \Omega_{x_{40}} & a.\Omega_{y_{14}}\\ \Omega_{y_{14}} + \Omega_{y_{40}} & -a.\Omega_{x_{14}}\\ \Omega_{z_{14}} + \Omega_{z_{40}} & 0\end{matrix}\right\}_{N\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison ponctuelle en N de normale (N, $\vec{z}$).



On a : $\{C_{5/0}\} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{50}} & 0 \\ \Omega_{y_{50}} & 0 \\ \Omega_{z_{50}} & 0 \end{matrix}\right\}_{M\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\{C_{1/5}\} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{15}} & 0 \\ \Omega_{y_{15}} & 0 \\ \Omega_{z_{15}} & 0 \end{matrix}\right\}_{A\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et on pose : $\{C_{eq}\} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{eq}} & v_{x_{eq}} \\ \Omega_{y_{eq}} & v_{y_{eq}} \\ \Omega_{z_{eq}} & v_{z_{eq}} \end{matrix}\right\}_{M\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$

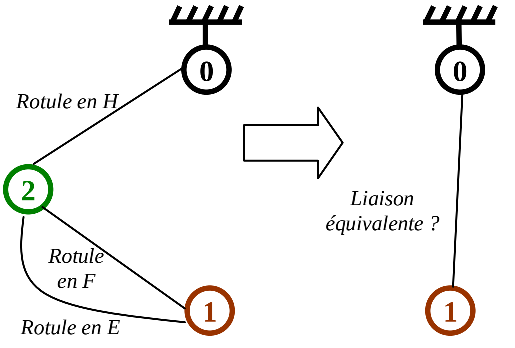
$$\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{BN} = a.\vec{z} \rightarrow \overrightarrow{V_{M,1/5}} = \overrightarrow{V_{A,1/5}} + \overrightarrow{MA} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/5}} = -a.\vec{z} \wedge (\Omega_{x_{15}}.\vec{x} + \Omega_{y_{15}}.\vec{y} + \Omega_{z_{15}}.\vec{z}) = -a.\Omega_{x_{15}}.\vec{y} + a.\Omega_{y_{15}}.\vec{x}$$

$$\rightarrow \{C_{1/5}\} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{15}} & 0 \\ \Omega_{y_{15}} & 0 \\ \Omega_{z_{15}} & 0 \end{matrix}\right\}_{A\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{15}} & a.\Omega_{y_{15}} \\ \Omega_{y_{15}} & -a.\Omega_{x_{15}} \\ \Omega_{z_{15}} & 0 \end{matrix}\right\}_{M\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

D'où $\{C_{eq}\} = \{C_{1/0}\} = \{C_{1/5}\} + \{C_{5/0}\}$ d'où : $\begin{cases} \Omega_{x_{eq}} = \Omega_{x_{15}} + \Omega_{x_{50}} \\ \Omega_{y_{eq}} = \Omega_{y_{15}} + \Omega_{y_{50}} \\ \Omega_{z_{eq}} = \Omega_{z_{15}} + \Omega_{z_{50}} \\ v_{x_{eq}} = a.\Omega_{y_{15}} \\ v_{y_{eq}} = -a.\Omega_{x_{15}} \\ v_{z_{eq}} = 0 \end{cases}$

$\rightarrow \{C_{eq}\} = \left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{15}} + \Omega_{x_{50}} & a.\Omega_{y_{15}} \\ \Omega_{y_{15}} + \Omega_{y_{50}} & -a.\Omega_{x_{15}} \\ \Omega_{z_{15}} + \Omega_{z_{50}} & 0 \end{matrix}\right\}_{M\,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison ponctuelle en M de normale (M, $\vec{z}$).

Q.3. Pour déterminer la liaison équivalente réalisée entre (1) et (0) par le triangle (2), il faut d'abord déterminer la liaison équivalente entre (1) et (2) (liaisons parallèles → utilisation de la méthode statique) puis déterminer la liaison équivalente entre (0) et (1) par (2) (liaisons séries → utilisation de la méthode cinématique).



On a : $\left\{F^{E}_{2\to1}\right\} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} X^{E}_{21} & 0 \\ Y^{E}_{21} & 0 \\ Z^{E}_{21} & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ $\quad \left\{F^{F}_{2\to1}\right\} = {}_{F}\left\{\begin{matrix} X^{F}_{21} & 0 \\ Y^{F}_{21} & 0 \\ Z^{F}_{21} & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\overrightarrow{EF} = e.\vec{y}$

$$\left\{F^{F}_{2\to1}\right\} = {}_{F}\left\{\begin{matrix} X^{F}_{21} & 0 \\ Y^{F}_{21} & 0 \\ Z^{F}_{21} & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} X^{F}_{21} & e.Z^{F}_{21} \\ Y^{F}_{21} & 0 \\ Z^{F}_{21} & e.X^{F}_{21} \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

On pose : $\left\{F^{eq}_{2\to1}\right\} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} X^{eq}_{21} & L^{eq}_{21} \\ Y^{eq}_{21} & M^{eq}_{21} \\ Z^{eq}_{21} & N^{eq}_{21} \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\left\{F^{eq}_{2\to1}\right\} = \left\{F^{E}_{2\to1}\right\} + \left\{F^{F}_{2\to1}\right\}$ d'où : $\left\{\begin{array}{l} X^{eq}_{21} = X^{E}_{21} + X^{F}_{21} \\ Y^{eq}_{21} = Y^{E}_{21} + Y^{F}_{21} \\ Z^{eq}_{21} = Z^{E}_{21} + Z^{F}_{21} \\ L^{eq}_{21} = e.Z^{F}_{21} \\ M^{eq}_{21} = 0 \\ N^{eq}_{21} = e.X^{F}_{21} \end{array}\right.$

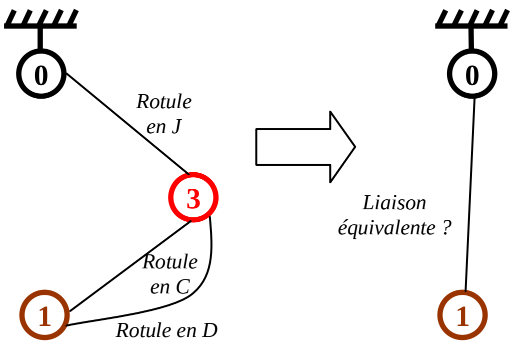
$\to \left\{F^{eq}_{2\to1}\right\} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} X^{E}_{21} + X^{F}_{21} & e.Z^{F}_{21} \\ Y^{E}_{21} + Y^{F}_{21} & 0 \\ Z^{E}_{21} + Z^{F}_{21} & e.X^{F}_{21} \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison pivot d'axe (E, $\vec{y}$).

On a : $\left\{C_{2/0}\right\} = {}_{H}\left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{20}} & 0 \\ \Omega_{y_{20}} & 0 \\ \Omega_{z_{20}} & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\left\{C_{1/2}\right\} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} 0 & 0 \\ \Omega_{y_{12}} & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et on pose : $\left\{C_{eq}\right\} = {}_{H}\left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{eq}} & v_{x_{eq}} \\ \Omega_{y_{eq}} & v_{y_{eq}} \\ \Omega_{z_{eq}} & v_{z_{eq}} \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$

$$\overrightarrow{EH} = \frac{1}{2}.e.\vec{y} + h.\vec{z} \to \overrightarrow{V_{H,1/2}} = \overrightarrow{V_{E,1/2}} + \overrightarrow{HE} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/2}} = -(\frac{1}{2}.e.\vec{y} + h.\vec{z}) \wedge \Omega_{y_{12}}.\vec{y} = h.\Omega_{y_{12}}.\vec{x}$$

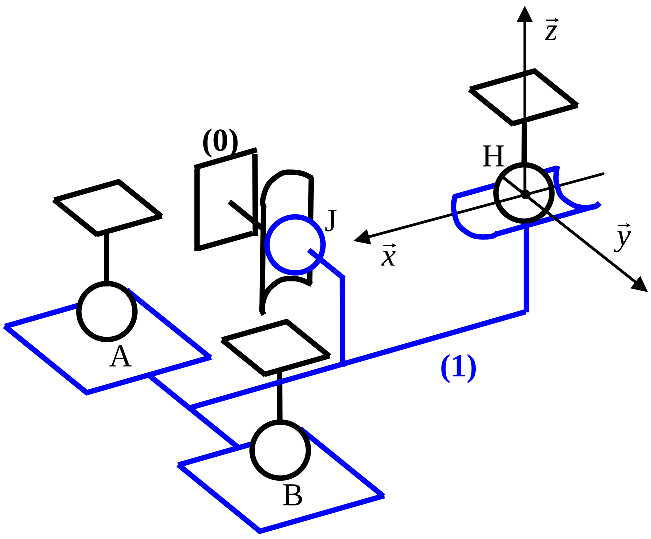
$$\to \left\{C_{1/2}\right\} = {}_{E}\left\{\begin{matrix} 0 & 0 \\ \Omega_{y_{12}} & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} = {}_{H}\left\{\begin{matrix} 0 & h.\Omega_{y_{12}} \\ \Omega_{y_{12}} & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

D'où $\left\{C_{eq}\right\} = \left\{C_{1/0}\right\} = \left\{C_{1/2}\right\} + \left\{C_{2/0}\right\}$ d'où $\left\{C_{eq}\right\} = {}_{H}\left\{\begin{matrix} \Omega_{x_{20}} & h.\Omega_{y_{20}} \\ \Omega_{y_{12}} + \Omega_{y_{20}} & 0 \\ \Omega_{z_{12}} & 0 \end{matrix}\right\}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison linéaire annulaire d'axe (H, $\vec{x}$).

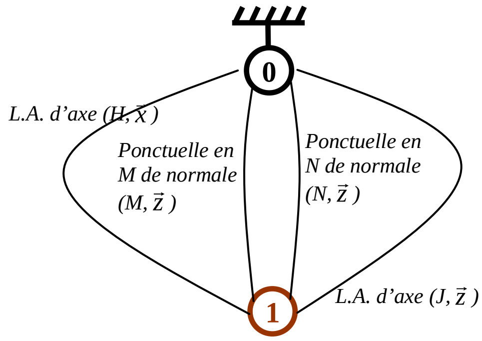


En conduisant le même raisonnement que dans le cas de la liaison équivalente 0-2-1 on montre que la liaison équivalente est une liaison linéaire annulaire d'axe $(J, \vec{z})$.

Q.4.



Q.5.



$h = m_C - m = 0$ pour ce modèle

$m_C = m_u + m_i$; $m_u = 0$; $m_i = 0$

$m = N_C - E_C = E_S - N_S = 0$

$N_C = 5 \times 2 + 2 \times 4 = 18$; $E_C = 6.\gamma = 6 \times 3 = 18$; $E_S = 6$; $N_S = 2 \times 2 + 2 \times 1$

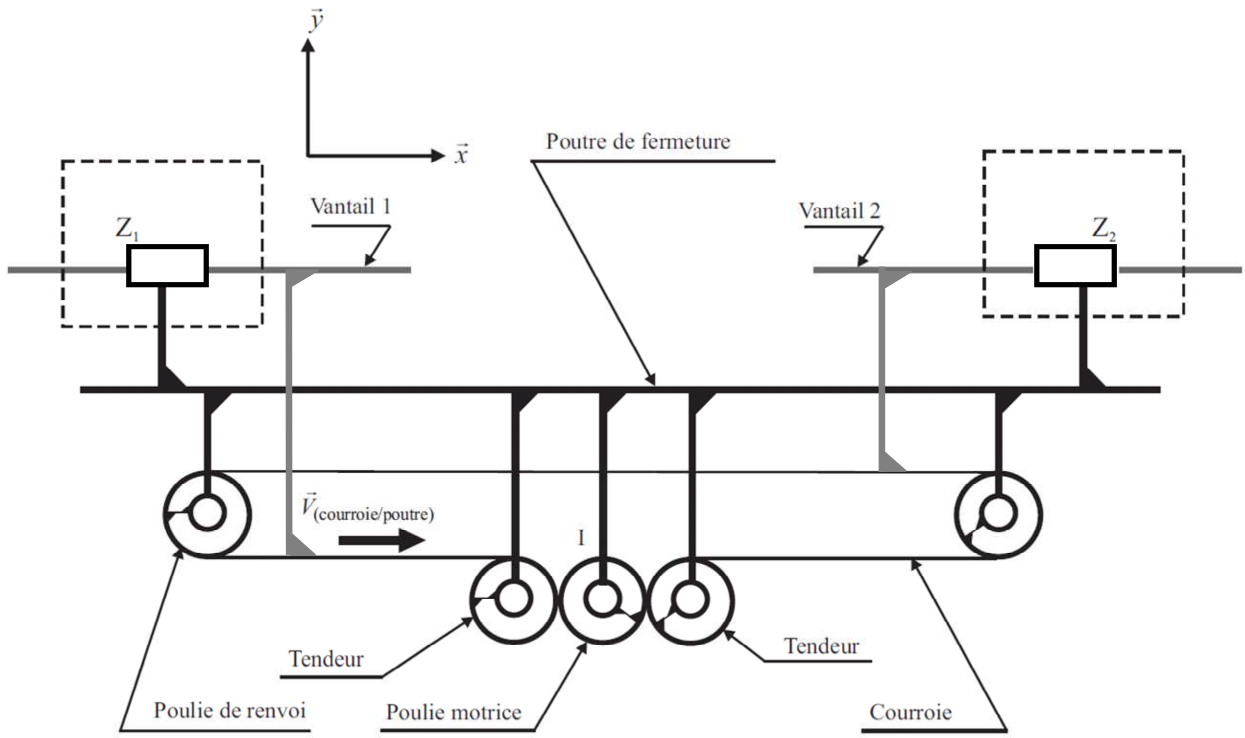
Le système est isostatique, cela permet aux différentes pièces (mat-réacteur, aile …) de se dilater sous l'effet des variations de températures, sans provoquer de contraintes qui seraient préjudiciables à la résistance de cet assemblage.

Système d'ouverture des portes de voitures tramway - Corrigé

Q.1.

Fonction	Sous-fonctions	Solutions
Isoler la voiture à l'aide des vantaux	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Moto réducteur
	Guider le vantail par rapport à la poutre de fermeture suivant l'axe $\vec{x}$	Glissières à billes
	Guider la poutre de fermeture par rapport à la voiture suivant l'axe $\vec{y}$	Boîte à galets
	Réaliser le verrouillage des vantaux et la compression des joints d'étanchéité	Poutre de fermeture
	Transmettre l'énergie mécanique au vantail	Courroie et poulies

Q.2.



Q.3.

$h = m_C - m = 3$ pour ce modèle

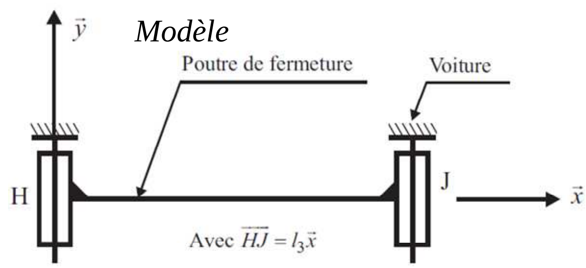
$m_u + m_i$

1   0

$E_S = 6.(2-1) = 6$ $2 \times 4 = 8$

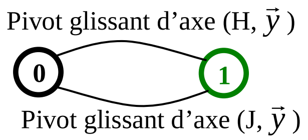
$N_C - E_C = E_S - N_S = -2$

$2 \times 2 = 4$ $E_C = 6.\gamma = 6$



Il faut que les 2 axes des 2 liaisons pivot glissant soient parfaitement parallèles et que la distance l_3 soit constante sur toute la longueur du guidage.

Q.4.



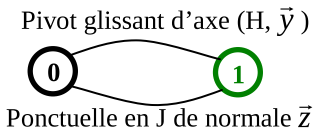
$$\left\{F_{0\to1}^{H}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{H} & L_{01}^{H} \\ 0 & 0 \\ Z_{01}^{H} & N_{01}^{H} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} \quad \text{et} \quad \left\{F_{0\to1}^{J}\right\} = {}_{J}\begin{Bmatrix} X_{01}^{J} & L_{01}^{J} \\ 0 & 0 \\ Z_{01}^{J} & N_{01}^{J} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

$$\to \overrightarrow{HJ} = l_3.\vec{x} \to \left\{F_{0\to1}^{J}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{J} & L_{01}^{J} \\ 0 & -l_3.Z_{01}^{J} \\ Z_{01}^{J} & N_{01}^{J} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

On pose : $\left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{eq} & L_{01}^{eq} \\ Y_{01}^{eq} & M_{01}^{eq} \\ Z_{01}^{eq} & N_{01}^{eq} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = \left\{F_{0\to1}^{H}\right\} + \left\{F_{0\to1}^{J}\right\}$ d'où : $\begin{cases} X_{01}^{eq} = X_{01}^{H} + X_{01}^{J} \\ Y_{01}^{eq} = 0 \\ Z_{01}^{eq} = Z_{01}^{H} + Z_{01}^{J} \\ L_{01}^{eq} = L_{01}^{H} + L_{01}^{J} \\ M_{01}^{eq} = -l_3.Z_{01}^{J} \\ N_{01}^{eq} = N_{01}^{H} + N_{01}^{J} \end{cases}$

$\to \left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{H} + X_{01}^{J} & L_{01}^{H} + L_{01}^{J} \\ 0 & -l_3.Z_{01}^{J} \\ Z_{01}^{H} + Z_{01}^{J} & N_{01}^{H} + N_{01}^{J} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison glissière d'axe (H, $\vec{y}$).

Q.5.



$$\left\{F_{0\to1}^{H}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{H} & L_{01}^{H} \\ 0 & 0 \\ Z_{01}^{H} & N_{01}^{H} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} \quad \text{et} \quad \left\{F_{0\to1}^{J}\right\} = {}_{J}\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{01}^{J} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

$$\to \overrightarrow{HJ} = l_3.\vec{x} \to \left\{F_{0\to1}^{J}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -l_3.Z_{01}^{J} \\ Z_{01}^{J} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

On pose : $\left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{eq} & L_{01}^{eq} \\ Y_{01}^{eq} & M_{01}^{eq} \\ Z_{01}^{eq} & N_{01}^{eq} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ et $\left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = \left\{F_{0\to1}^{H}\right\} + \left\{F_{0\to1}^{J}\right\}$

d'où $\left\{F_{0\to1}^{eq}\right\} = {}_{H}\begin{Bmatrix} X_{01}^{H} & L_{01}^{H} \\ 0 & -l_3.Z_{01}^{J} \\ Z_{01}^{H} & N_{01}^{H} \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ soit une liaison glissière d'axe (H, $\vec{y}$).

$h = m_C - m = 0$ pour ce modèle

$m_u + m_i$

1 0

$E_S = 6.(2-1) = 6$ $4 + 1 = 5$

$N_C - E_C = E_S - N_S = 1$

$2 + 5 = 7$ $E_C = 6.\gamma = 6$

Portail automatique – Corrigé

Q.1. 1/0 : liaison pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$: $\{C_{1/0}\} = {}_A\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{10}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

2/1 : liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$: $\{C_{2/1}\} = {}_B\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{21}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

3/2 : liaison pivot d'axe $(C, \vec{z}_0)$: $\{C_{3/2}\} = {}_C\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{32}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

3/0 : liaison pivot d'axe $(O, \vec{z}_0)$: $\{C_{3/0}\} = {}_O\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{30}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

Q.2. Fermeture cinématique : $\{C_{0/0}\} = \{C_{0/3}\} + \{C_{3/2}\} + \{C_{2/1}\} + \{C_{1/0}\}$

$$\{C_{1/0}\} = {}_A\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{10}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix} = {}_C\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{10}.\vec{z}_0 \\ -l.\dot{\theta}_{10}.\vec{y}_2 - l.\dot{\theta}_{10}.\vec{x}_1 \end{Bmatrix}$$

$$\{C_{2/1}\} = {}_B\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{21}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix} = {}_C\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{21}.\vec{z}_0 \\ -l.\dot{\theta}_{21}.\vec{y}_2 \end{Bmatrix}$$

$$\{C_{0/3}\} = -{}_O\begin{Bmatrix} \dot{\theta}_{30}.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix} = {}_C\begin{Bmatrix} -\dot{\theta}_{30}.\vec{z}_0 \\ c.\dot{\theta}_{30}.\vec{y}_3 - d.\dot{\theta}_{30}.\vec{x}_3 \end{Bmatrix}$$

Soit : $-\dot{\theta}_{30} + \dot{\theta}_{32} + \dot{\theta}_{21} + \dot{\theta}_{10} = 0$ et

$c.\dot{\theta}_{30}.\vec{y}_3 - d.\dot{\theta}_{30}.\vec{x}_3 - l.\dot{\theta}_{21}.\vec{y}_2 - l.\dot{\theta}_{10}.\vec{y}_2 - l.\dot{\theta}_{10}.\vec{x}_1 = \vec{0}$ ce qui donne 2 équations scalaires indépendantes après projection.

On a $N_C = 4$ et $r_C = 3 \rightarrow m_C = 4 - 3 = 1$

Q.3. On a $E_C = 6 \rightarrow h = m_C - m = m_C - N_C + E_C = 1 - 4 + 6 = 3$ pour ce modèle.

Q.4. $h = m_C - m = m_C - (E_S - I_S) = 1 - (6.(S - 1) - 20) = 1 - 18 + 20 = 3$ pour ce modèle.

Q.5. Il faut modifier les solutions constructives aux niveaux des liaisons aux points B et C. Pour obtenir une modélisation isostatique il faudrait 2 liaisons rotules :

$h = m_C - m = 0$

$m_u + m_i$

$E_S = 6.(4 - 1) = 18$

$5 + 3 + 3 + 5 = 16$

1 1

$N_C - E_C = E_S - N_S = 2$

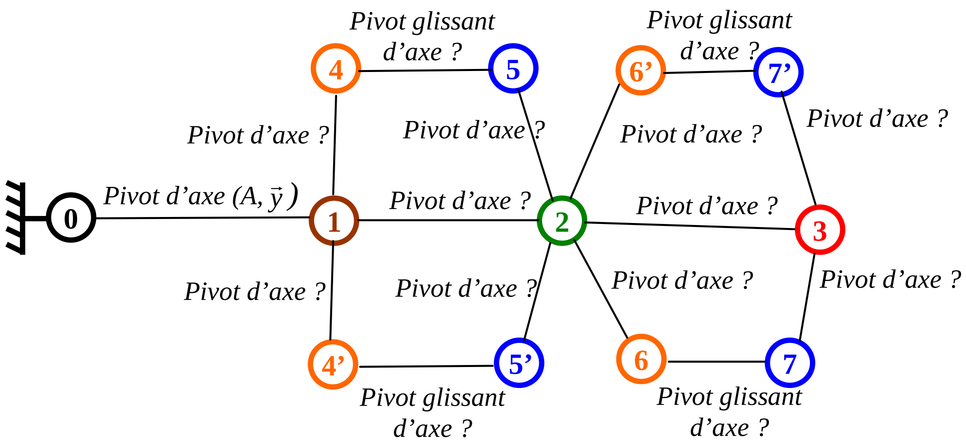
$1 + 3 + 3 + 1 = 8$

$E_C = 6$

E.P.A.S. de camion de pompier – Corrigé

Q.1.

Graphe de structure



$h = m_C - m = 8$ pour ce modèle

$m_u + m_i$

3

0

$E_S = 6.(12 - 1) = 66$

$11 \times 5 + 4 \times 4 = 71$

$N_C - E_C = E_S - N_S = -5$

$11 \times 1 + 2 \times 4 = 19$

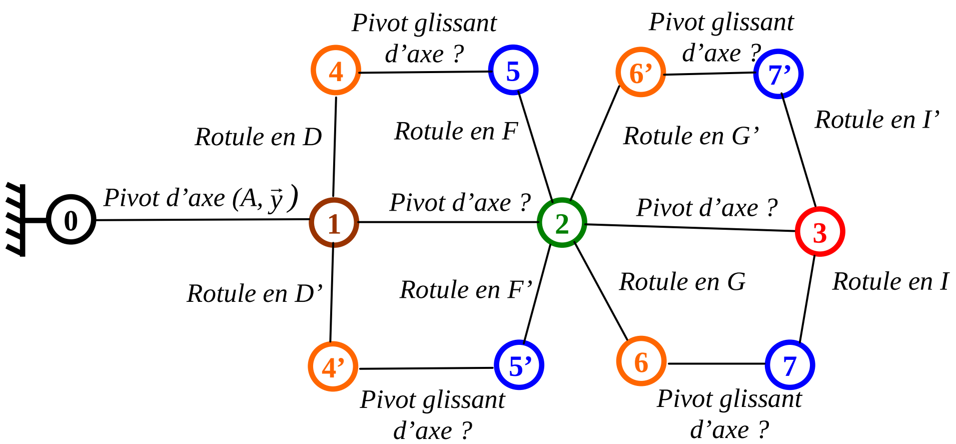
$E_C = 6.\gamma = 6.(L - S + 1)$

$E_C = 6.(15 - 12 + 1) = 6 \times 4 = 24$

Q.2. On constate que 2 chaines parallèles permettent la mise en mouvement des solides 2 et 3 → la redondance des liaisons est respectée vis-à-vis du C.d.C.F..

Q.3. Il concevoir des liaisons telles quelles puissent être définies par le graphe des liaisons ci-dessous :

Graphe de structure



Ce qui permet d'obtenir un degré d'hyperstatisme h :

$h = m_C - m = 0$ pour ce modèle

$m_u + m_i$

3 8

$E_S = 6.(12 - 1) = 66$ $8 \times 3 + 3 \times 5 + 4 \times 4 = 55$

$N_C - E_C = E_S - N_S = 11$

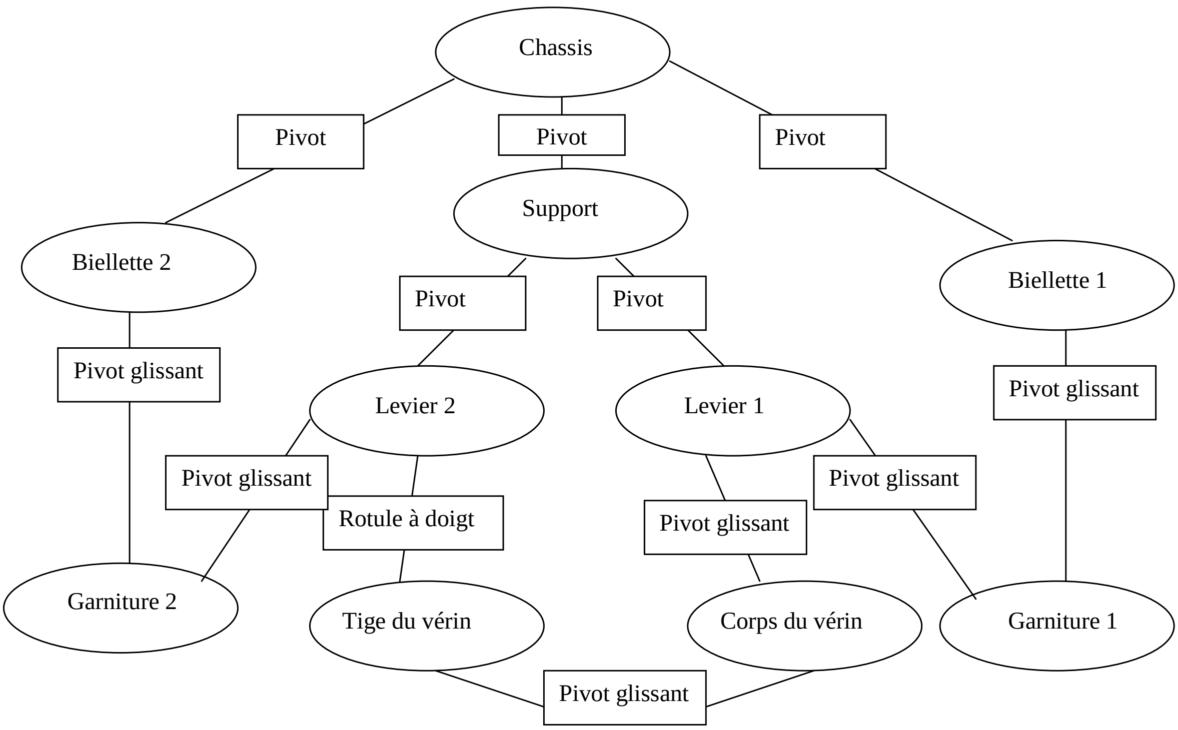
$8 \times 3 + 3 \times 1 + 2 \times 4 = 35$

$E_C = 6.\gamma = 6.(L - S + 1)$

$E_C = 6.(15 - 12 + 1) = 6 \times 4 = 24$

Système de freinage d'un TGV DUPLEX – Corrigé

Q.1. Graphe de structure (on ne précisera pas les axes des liaisons ici par soucis de clarté)



Méthode cinématique

S = 10 solides
L = 12 liaisons
Nombre de cycles : $\gamma = 12 - 10 + 1 = 3$
$m_u = 2$ mobilités
Pas de mobilité interne.
Inconnues cinématiques :
- 5 pivots ($N_C = 5\times1 = 5$)
- 6 pivots glissants ($N_C = 6\times2 = 12$)
- 1 rotule à doigt ($N_C = 2$)
- donc $N_C = 19$

Le degré d'hyperstatisme est donc de

$$h = m_C - N_C + E_C = 2 - 19 + 18 = 1$$

Q.2. h > 0 → C.d.C.F. respecté.

Q.5. Les biellettes 1 et 2 servent à s'opposer à l'effort disque / garniture suivant $\vec{x}$ et soulagent ainsi les liaisons pivot en C_1 et C_2. Elles servent aussi à encaisser le poids de la garniture.

Q.6. Frein rhéostatique qui consiste à faire fonctionner les moteurs en générateurs et à charger le générateur en lui faisant fournir de l'énergie à un récepteur (réseau ou résistances). Frein à courants de Foucault, en utilisant les courants induit sur un disque ou sur le rail.