

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Torseur cinétique – dynamique

Exercice 1: Etude d'une éolienne

Matrices d'inertie

Question 1: Donner la forme de la matrice d'inertie en G_1 du solide 1 dans la base B_1 .

$$I(G_1, S_1) = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & -E_1 \\ 0 & B_1 & 0 \\ -E_1 & 0 & C_1 \end{bmatrix}_{B_1}$$

Question 2: En utilisant la formule de détermination du centre de gravité G_2 de la pale 2 astucieusement, déterminer la relation entre λ et μ .

$$\overrightarrow{OG_2} = \frac{m'_2 \overrightarrow{OG'_2} + m''_2 \overrightarrow{OG''_2}}{m_2}$$

$$m_2 = m'_2 + m''_2$$

$$\overrightarrow{G_2 G_2} = \frac{m'_2 \overrightarrow{G_2 G'_2} + m''_2 \overrightarrow{G_2 G''_2}}{m_2}$$

$$\vec{0} = \frac{-m'_2 \mu \vec{x}_2 + m''_2 \lambda \vec{x}_2}{m_2}$$

$$-m'_2 \mu + m''_2 \lambda = 0$$

$$m'_2 \mu = m''_2 \lambda$$

Question 3: Déterminer la matrice d'inertie en G'_2 du rotor 2' dans la base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ en fonction de m'_2 , H et R .

Cylindre d'axe \vec{x}_2 .

$$I(G'_2, S'_2) = \begin{bmatrix} m'_2 \frac{R^2}{2} & 0 & 0 \\ 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right) & 0 \\ 0 & 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Question 4: Déterminer la matrice d'inertie en G_2'' de la pôle $2''$ dans la base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ en fonction de m_2'' , a et b .

Plaque de normale \vec{x}_2 : $x = 0 \rightarrow E = F = 0; A = B + C$

Plans de symétrie : $(G_2'', \vec{x}_2, \vec{y}_2)$ et $(G_2'', \vec{x}_2, \vec{z}_2) \rightarrow D = E = F = 0$

$$I(G_2'', S_2'') = \begin{bmatrix} B_2'' + C_2'' & 0 & 0 \\ 0 & B_2'' & 0 \\ 0 & 0 & C_2'' \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$B_2'' = \int_S (x^2 + z^2) dm = \int_S z^2 dm = \rho a e \frac{1}{3} [z^3]_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} = \frac{\rho a e b^3}{12} = m_2'' \frac{b^2}{12}$$

$$m_2'' = \rho a b e$$

$$C_2'' = \int_S y^2 dm = m_2'' \frac{a^2}{12}$$

$$I(G_2'', S_2'') = \begin{bmatrix} m_2'' \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m_2'' \frac{b^2}{12} & 0 \\ 0 & 0 & m_2'' \frac{a^2}{12} \end{bmatrix}_{B_2}$$

Question 5: Déterminer la matrice d'inertie en G_2 de l'hélice 2 dans la base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$

et la mettre sous la forme $\begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2}$.

Rappel du théorème d'Huygens généralisé :

$$\vec{OG} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}^B$$

$$I(O, S) = I(G, S) + M \begin{bmatrix} b^2 + c^2 & -ab & -ac \\ -ab & a^2 + c^2 & -bc \\ -ac & -bc & a^2 + b^2 \end{bmatrix}_B$$

Soit :

$$G_2 G_2' = -\mu \vec{x}_2$$

$$I(G_2, S_2') = I(G_2', S_2') + m_2' \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu^2 & 0 \\ 0 & 0 & \mu^2 \end{bmatrix}_B$$

$$I(G_2', S_2') = \begin{bmatrix} m_2' \frac{R^2}{2} & 0 & 0 \\ 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right) & 0 \\ 0 & 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

$$I(G_2, S_2') = \begin{bmatrix} m_2' \frac{R^2}{2} & 0 & 0 \\ 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$G_2 G_2'' = \lambda \vec{x}_2$$

$$I(G_2, S_2'') = I(G_2'', S_2'') + m_2'' \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda^2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda^2 \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$I(G_2'', S_2'') = \begin{bmatrix} m_2'' \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m_2'' \frac{b^2}{12} & 0 \\ 0 & 0 & m_2'' \frac{a^2}{12} \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$I(G_2, S_2'') = \begin{bmatrix} m_2'' \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m_2'' \left(\frac{b^2}{12} + \lambda^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m_2'' \left(\frac{a^2}{12} + \lambda^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Enfin :

$$I(G_2, S_2) = I(G_2, S_2') + I(G_2, S_2'')$$

$$I(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} m_2' \frac{R^2}{2} & 0 & 0 \\ 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m_2' \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$+ \begin{bmatrix} m_2'' \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m_2'' \left(\frac{b^2}{12} + \lambda^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m_2'' \left(\frac{a^2}{12} + \lambda^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

$$I(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} m'_2 \frac{R^2}{2} + m''_2 \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) + m''_2 \left(\frac{b^2}{12} + \lambda^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) + m''_2 \left(\frac{a^2}{12} + \lambda^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$I(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} m'_2 \frac{R^2}{2} + m''_2 \frac{a^2 + b^2}{12} & 0 & 0 \\ 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) + m''_2 \left(\frac{b^2}{12} + \lambda^2 \right) & 0 \\ 0 & 0 & m'_2 \left(\frac{R^2}{4} + \frac{H^2}{12} + \mu^2 \right) + m''_2 \left(\frac{a^2}{12} + \lambda^2 \right) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$I(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2}$$

Moments cinétiques

Question 6: Déterminer le moment cinétique $\vec{\sigma}(G_1, S_1/0)$ dans la base 1.

$$\begin{aligned} \vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0) &= I(G_1, S_1) \vec{\Omega}(S_1/R_0) \\ \vec{\Omega}(S_1/R_0) &= \Omega_{1/0} \vec{z}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0) &= \begin{bmatrix} A_1 & 0 & -E_1 \\ 0 & B_1 & 0 \\ -E_1 & 0 & C_1 \end{bmatrix}_{B_1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \\ \vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0) &= \begin{bmatrix} -E_1 \Omega_{1/0} \\ 0 \\ C_1 \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \end{aligned}$$

Question 7: Déterminer le moment cinétique $\vec{\sigma}(G_2, S_2/0)$ dans la base 2.

$$\begin{aligned} \vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0) &= I(G_2, S_2) \vec{\Omega}(S_2/R_0) \\ \vec{\Omega}(S_2/R_0) &= \Omega_{1/0} \vec{z}_1 + \Omega_{2/1} \vec{x}_2 \\ \vec{z}_1 &= -\sin(-\beta) \vec{y}_2 + \cos(-\beta) \vec{z}_2 = \sin(\beta) \vec{y}_2 + \cos(\beta) \vec{z}_2 \\ \vec{\Omega}(S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ 0 \\ \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} = \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} \end{aligned}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

$$\vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0) = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2} \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0) = \begin{bmatrix} A_2 \Omega_{2/1} \\ B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Moments dynamiques

Question 8: Déterminer le moment dynamique $\vec{\delta}(G_1, S_1/0)$ dans la base 1.

$$\begin{aligned}
 \vec{\delta}(G_1, S_1/R_0) &= \frac{d\vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0)}{dt} \Big|_0 = \frac{d\vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0)}{dt} \Big|_1 + \vec{\Omega}(S_1/R_0) \wedge \vec{\sigma}(G_1, S_1/R_0) \\
 \vec{\delta}(G_1, S_1/R_0) &= \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} -E_1 \Omega_{1/0} \\ 0 \\ C_1 \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \wedge \begin{bmatrix} -E_1 \Omega_{1/0} \\ 0 \\ C_1 \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \\
 \vec{\delta}(G_1, S_1/R_0) &= \begin{bmatrix} -E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ 0 \\ C_1 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} + \begin{bmatrix} 0 \\ -E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} = \begin{bmatrix} -E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ -E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ C_1 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}
 \end{aligned}$$

Question 9: Déterminer le moment dynamique $\vec{\delta}(G_2, S_2/0)$ dans la base 2.

$$\begin{aligned}
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \frac{d\vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0)}{dt} \Big|_0 = \frac{d\vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0)}{dt} \Big|_2 + \vec{\Omega}(S_2/R_0) \wedge \vec{\sigma}(G_2, S_2/R_0) \\
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} A_2 \Omega_{2/1} \\ B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} \wedge \begin{bmatrix} A_2 \Omega_{2/1} \\ B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} \\
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} \\ B_2 (\sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \dot{\beta} \cos(\beta) \Omega_{1/0}) \\ C_2 (\cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} - \dot{\beta} \sin(\beta) \Omega_{1/0}) \end{bmatrix}_{B_2} \\
 &\quad + \begin{bmatrix} \sin(\beta) \Omega_{1/0} C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} - \cos(\beta) \Omega_{1/0} B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} A_2 \Omega_{2/1} - \Omega_{2/1} C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \\ \Omega_{2/1} B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} - \sin(\beta) \Omega_{1/0} A_2 \Omega_{2/1} \end{bmatrix}_{B_2} \\
 &\quad \beta = \Omega_{2/1} \\
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} \\ B_2 (\sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \Omega_{2/1} \cos(\beta) \Omega_{1/0}) \\ C_2 (\cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} - \Omega_{2/1} \sin(\beta) \Omega_{1/0}) \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 - C_2) \\ \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (B_2 - A_2) \end{bmatrix}_{B_2} \\
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ B_2 (\sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \Omega_{2/1} \cos(\beta) \Omega_{1/0}) + \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 - C_2) \\ C_2 (\cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} - \Omega_{2/1} \sin(\beta) \Omega_{1/0}) + \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (B_2 - A_2) \end{bmatrix}_{B_2} \\
 \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ B_2 \sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ C_2 \cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2}
 \end{aligned}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Question 10: Déterminer le moment dynamique $\vec{\delta}(G_1, S/0)$ sous la forme d'une somme d'un vecteur dans la base 1 et d'un vecteur dans la base 2.

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \vec{\delta}(G_1, S_1/R_0) + \vec{\delta}(G_1, S_2/R_0)$$

$$\vec{\delta}(G_1, S_2/R_0) = \vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) + \overrightarrow{G_1 G_2} \wedge m_2 \vec{r}(G_2, S_2/R_0)$$

$$\vec{r}(G_2, S_2/R_0) = \frac{d\vec{V}(G_2, S_2/R_0)}{dt} \Big|_0$$

$$\vec{V}(G_2, S_2/R_0) = \vec{V}(G_2, S_2/S_1) + \vec{V}(G_2, S_1/R_0)$$

$$\vec{V}(G_2, S_2/R_0) = L\Omega_{1/0}\vec{y}_1$$

$$\vec{r}(G_2, S_2/R_0) = L\dot{\Omega}_{1/0}\vec{y}_1 - L\Omega_{1/0}^2\vec{x}_1$$

$$\overrightarrow{G_1 G_2} \wedge m_2 \vec{r}(G_2, S_2/R_0) = \begin{bmatrix} L \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} \wedge m_2 \begin{bmatrix} -L\Omega_{1/0}^2 \\ L\dot{\Omega}_{1/0} \\ 0 \end{bmatrix}_{B_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}$$

$$\vec{\delta}(G_1, S_2/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}$$

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} + \begin{bmatrix} -E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ -E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ C_1 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}$$

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} -E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ -E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ \dot{\Omega}_{1/0} (C_1 + m_2 L^2) \end{bmatrix}_{B_1}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Torseurs des actions extérieures

Question 11: Donner l'expression des torseurs des actions extérieures sur 1, 2 et 1U2

$$\{D(S/0)\} = \{\mathcal{T}_{ext \rightarrow S_1}\} = \begin{Bmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & 0 \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1} + \begin{Bmatrix} X_{21} & 0 \\ Y_{21} & M_{21} \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_1}$$

$$\{D(S_2/0)\} = \{\mathcal{T}_{ext \rightarrow S_2}\} = \begin{Bmatrix} X_{12} & 0 \\ Y_{12} & M_{12} \\ Z_{12} & N_{12} \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_1}$$

$$\{\mathcal{T}_{ext \rightarrow 1U2}\} = \begin{Bmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & 0 \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Torseurs dynamiques

Solide 2

Question 12: Déterminer $\vec{F}(G_2, S_2/0)$.

Déjà fait

$$\begin{aligned}\vec{F}(G_2, S_2/R_0) &= \frac{d\vec{V}(G_2, S_2/R_0)}{dt} \Big|_0 \\ \vec{V}(G_2, S_2/R_0) &= \vec{V}(G_2, S_2/S_1) + \vec{V}(G_2, S_1/R_0) \\ \vec{V}(G_2, S_2/R_0) &= L\dot{\Omega}_{1/0}\vec{y}_1 \\ \vec{F}(G_2, S_2/R_0) &= L\dot{\Omega}_{1/0}\vec{y}_1 - L\Omega_{1/0}^2\vec{x}_1\end{aligned}$$

Question 13: En déduire l'expression de la résultante dynamique du mouvement de S_2 par rapport à 0

$$m_2\vec{F}(G_2, S_2/R_0) = m_2L\dot{\Omega}_{1/0}\vec{y}_1 - m_2L\Omega_{1/0}^2\vec{x}_1$$

Question 14: Donner $\{D(S_2/0)\}$ en G_2 dans la base 2

$$\vec{\delta}(G_2, S_2/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$m_2\vec{F}(G_2, S_2/R_0) = m_2L\dot{\Omega}_{1/0}\vec{y}_1 - m_2L\Omega_{1/0}^2\vec{x}_1$$

$$\{D(S_2/0)\} = \begin{pmatrix} -m_2L\Omega_{1/0}^2 & \delta_x \\ m_2L\dot{\Omega}_{1/0}\cos(\beta) & \delta_y \\ m_2L\dot{\Omega}_{1/0}\sin(\beta) & \delta_z \end{pmatrix}^{B_2}_{G_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Ensemble S

Question 15: Déterminer $\vec{I}(G/0)$.

$$\begin{aligned}\vec{I}(G/0) &= \frac{d\vec{V}(G/0)}{dt} \bigg|_0 \\ \vec{V}(G/0) &= \vec{V}(G/S_1) + \vec{V}(G, S_1/R_0) \\ \vec{V}(G, S_1/R_0) &= \varepsilon \Omega_{1/0} \vec{y}_1 \\ \vec{I}(G, S_1/R_0) &= \varepsilon \dot{\Omega}_{1/0} \vec{y}_1 - \varepsilon \Omega_{1/0}^2 \vec{x}_1\end{aligned}$$

Question 16: En déduire l'expression de la résultante dynamique du mouvement de S par rapport à 0.

$$m\vec{I}(G/R_0) = m\varepsilon \dot{\Omega}_{1/0} \vec{y}_1 - m\varepsilon \Omega_{1/0}^2 \vec{x}_1$$

Question 17: Donner $\{D(S/0)\}$ en G_1 dans la base 1

$$\begin{aligned}\vec{\delta}(G_1, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \\ \vec{\delta}(G_1, S_2/R_0) &= \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) \\ \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) \end{bmatrix}_{B_1} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} \\ &= \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) \\ \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) + m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}\end{aligned}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \vec{\delta}(G_1, S_1/R_0) + \vec{\delta}(G_1, S_2/R_0)$$

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) \\ \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) + m_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1} + \begin{bmatrix} -E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ -E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ C_1 \dot{\Omega}_{1/0} \end{bmatrix}_{B_1}$$

$$\vec{\delta}(G_1, S/R_0) = \begin{bmatrix} \delta_x - E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) + \dot{\Omega}_{1/0} (C_1 + m_2 L^2) \end{bmatrix}_{B_1}$$

$$m\vec{l}(G, S/R_0) = m\varepsilon \dot{\Omega}_{1/0} \vec{y}_1 - m\varepsilon \Omega_{1/0}^2 \vec{x}_1$$

$$m\vec{l}(G, S/R_0) = -m\varepsilon \Omega_{1/0}^2 \vec{x}_1$$

$$\{D(S/O)\} = \begin{pmatrix} -m\varepsilon \Omega_{1/0}^2 & \delta_x - E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ m\varepsilon \dot{\Omega}_{1/0} & \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ 0 & \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) + \dot{\Omega}_{1/0} (C_1 + m_2 L^2) \end{pmatrix} \begin{matrix} B_1 \\ \\ G_1 \end{matrix}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Imposition d'une vitesse 1/0 constante

Question 18: Proposer une nouvelle forme du torseur des actions extérieures sur la pièce 1 au niveau de la liaison pivot 1/0.

$$\left\{ \begin{matrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & C_m \end{matrix} \right\}_{G_1}^{B_1}$$

Question 19: Simplifier le vecteur $\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2}$

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ B_2 \sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ C_2 \cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

Question 20: Simplifier le torseur dynamique $D(S_2/0)$ en tenant compte de la vitesse constante imposée

$$\{D(S_2/0)\} = \begin{Bmatrix} -m_2 L \Omega_{1/0}^2 & \delta_x \\ m_2 L \dot{\Omega}_{1/0} \cos(\beta) & \delta_y \\ m_2 L \dot{\Omega}_{1/0} \sin(\beta) & \delta_z \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_2}$$

$$\{D(S_2/0)\} = \begin{Bmatrix} -m_2 L \Omega_{1/0}^2 & A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ 0 & \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ 0 & \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_2}$$

Question 21: Simplifier le torseur dynamique $D(S/0)$ en tenant compte de la vitesse constante imposée - On remplacera uniquement la formule de δ_x

$$\{D(S/0)\} = \begin{Bmatrix} -m \varepsilon \Omega_{1/0}^2 & \delta_x - E_1 \dot{\Omega}_{1/0} \\ m \varepsilon \dot{\Omega}_{1/0} & \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ 0 & \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) + \dot{\Omega}_{1/0} (C_1 + m_2 L^2) \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1}$$

$$\delta_x = A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)$$

$$\{D(S/0)\} = \begin{Bmatrix} -m \varepsilon \Omega_{1/0}^2 & A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ 0 & \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1 \Omega_{1/0}^2 \\ 0 & \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

PFD et actions de liaison

Question 22: Que valent les actions dans la liaison 1/0 ?

$$\{D(S/0)\} = \{\mathcal{T}_{ext \rightarrow S}\} = \begin{Bmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & C_m \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1}$$

$$\begin{Bmatrix} -m\varepsilon\Omega_{1/0}^2 & A_2\dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta)\sin(\beta)\Omega_{1/0}^2(C_2 - B_2) \\ 0 & \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1\Omega_{1/0}^2 \\ 0 & \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1} = \begin{Bmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & M_{01} \\ Z_{01} & C_m \end{Bmatrix}_{G_1}^{B_1}$$

$$\begin{cases} X_{01} = -m\varepsilon\Omega_{1/0}^2 \\ Y_{01} = 0 \\ Z_{01} = 0 \\ L_{01} = A_2\dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta)\sin(\beta)\Omega_{1/0}^2(C_2 - B_2) \\ M_{01} = \delta_y \cos(\beta) - \delta_z \sin(\beta) - E_1\Omega_{1/0}^2 \\ C_m = \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta) \end{cases}$$

Question 23: En déduire l'expression du couple C_m en remplaçant les expressions de δ_y et δ_z

$$C_m = \delta_y \sin(\beta) + \delta_z \cos(\beta)$$

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2\dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta)\sin(\beta)\Omega_{1/0}^2(C_2 - B_2) \\ B_2 \sin(\beta)\dot{\Omega}_{1/0} + \cos(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(A_2 + B_2 - C_2) \\ C_2 \cos(\beta)\dot{\Omega}_{1/0} + \sin(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\dot{\Omega}_{1/0} = 0$$

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2\dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta)\sin(\beta)\Omega_{1/0}^2(C_2 - B_2) \\ \cos(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(A_2 + B_2 - C_2) \\ \sin(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$C_m = \cos(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(A_2 + B_2 - C_2)\sin(\beta) + \sin(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(-A_2 + B_2 - C_2)\cos(\beta) + \dot{\Omega}_{1/0}(C_1 + m_2L^2)$$

$$C_m = \cos(\beta)\Omega_{2/1}\Omega_{1/0}(A_2 + B_2 - C_2 - A_2 + B_2 - C_2)\sin(\beta) + \dot{\Omega}_{1/0}(C_1 + m_2L^2)$$

$$\mathbf{C_m = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (B_2 - C_2)}$$

Dans le cas où l'hélice bouge, elle induit des effets d'inertie qui ont tendance à changer la vitesse de rotation. Hors, cette vitesse est imposée constante, ce sont donc des actions qui en résultent dans la liaison pivot.

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Question 24: Que valent les actions dans la liaison 2/1 ?

$$\{D(S_2/0)\} = \begin{Bmatrix} X_{12} & 0 \\ Y_{12} & M_{12} \\ Z_{12} & N_{12} \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_1}$$

$$\begin{Bmatrix} -m_2 L \Omega_{1/0}^2 & A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ 0 & \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ 0 & \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_2} = \begin{Bmatrix} X_{12} & 0 \\ Y_{12} & M_{12} \\ Z_{12} & N_{12} \end{Bmatrix}_{G_2}^{B_1}$$

$$\begin{cases} X_{12} = -m_2 L \Omega_{1/0}^2 \\ Y_{12} = 0 \\ Z_{12} = 0 \\ 0 = A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ M_{12} = \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ N_{12} = \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{cases}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

PFD et mouvement

Question 25: Trouver l'équation différentielle du mouvement de l'hélice supposée libre obtenue par l'application du PFD aux questions précédentes et exprimer $\dot{\Omega}_{2/1}$

$$0 = A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)$$

$$\dot{\Omega}_{2/1} = - \frac{\cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)}{A_2}$$

Question 26: Que valent δ_y et δ_z dans ce cas

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ B_2 \sin(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ C_2 \cos(\beta) \dot{\Omega}_{1/0} + \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix}_{B_2} = \begin{bmatrix} A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\delta_y = \delta_z = 0$$

Question 27: Que valent L_{12} et C_m dans ce cas ?

On reprend les résultats précédents où $\dot{\Omega}_{2/1} = 0$ et en ajoutant L_{12} :

$$\begin{cases} X_{12} = -m_2 L \Omega_{1/0}^2 \\ Y_{12} = 0 \\ Z_{12} = 0 \\ L_{12} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ M_{12} = 0 \\ N_{12} = 0 \end{cases}$$

$$C_m = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (B_2 - C_2) = 0$$

Dans ce cas, $C_m = 0$, c'est-à-dire qu'il est possible d'imposer une vitesse constante et qu'aucun effet d'inertie ne va s'y opposer ou y participer.

$$L_{12} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Question 28: Etudier le signe de $-L_{12}$ ou de $\dot{\Omega}_{2/1}$ selon la position de l'hélice

$$L_{12} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)$$

$$\dot{\Omega}_{2/1} = - \frac{\cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2)}{A_2}$$

$$C_2 - B_2 = m_2'' \frac{a^2 - b^2}{12}$$

Signe de $-L_{12}$ ou de $\dot{\Omega}_{2/1}$					
a>b			a<b		
$\beta = 0$ ou $\beta = \frac{\pi}{2}$	$\beta \in]-\frac{\pi}{2}; 0[$	$\beta \in]0; \frac{\pi}{2}[$	$\beta = 0$ ou $\beta = \frac{\pi}{2}$	$\beta \in]-\frac{\pi}{2}; 0[$	$\beta \in]0; \frac{\pi}{2}[$
0	> 0	< 0	0	< 0	> 0

Question 29: En déduire le mouvement de l'hélice

a>b			a<b		
$\beta = 0$ ou $\beta = \frac{\pi}{2}$	$\beta \in]-\frac{\pi}{2}; 0[$	$\beta \in]0; \frac{\pi}{2}[$	$\beta = 0$ ou $\beta = \frac{\pi}{2}$	$\beta \in]-\frac{\pi}{2}; 0[$	$\beta \in]0; \frac{\pi}{2}[$
Mvt 0	Mvt +	Mvt -	Mvt 0	Mvt -	Mvt +

La rotation entre 2 et 1 étant nulle, on a fictivement bloqué celle-ci. C'est donc comme si nous avions changé la liaison pivot en liaison encastrement, bien qu'elle n'existe pas en réalité. Ainsi, le couple obtenu par application du PFD représente une action extérieure qui serait appliquée à l'hélice si la en présence de cet arrêt en rotation. Appelons M cette action, c'est un moment.

Question 30: Discuter de ses positions d'équilibre.

$$L_{12} = 0 \Leftrightarrow \beta = k \frac{\pi}{2} \quad k \in \mathbb{Z}$$

Si on trace $\cos(\beta) \sin(\beta)$ en fonction de bêta et qu'on étudie, entre $]-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}[$ l'effet d'un petit déplacement sur le moment, on voit que seule la position en 0 induit un mouvement opposé au mouvement imposé.

L'hélice tend à se mettre à l'horizontale, position stable.

La position verticale est instable.

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

TEC et mouvement

Question 31: Obtenir l'équation différentielle du mouvement à l'aide du TEC.

On isole le solide 2 et on applique le TEC dans le référentiel lié au solide 0 supposé Galiléen:

$$\frac{dT(S_2, 0)}{dt} = P_{int} + P_{ext}$$

$$I(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\vec{\Omega}(S_2/R_0) = \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$\vec{V}(G_2, S_2/0) = L \Omega_{1/0} \vec{y}_1$$

$$T(S_2, 0) = \frac{1}{2} M_2 V(G_2, S_2/0)^2 + \frac{1}{2} \vec{\Omega}(S_2/0) \cdot I(G_2, S_2) \vec{\Omega}(S_2/0)$$

$$T(S_2, 0) = \frac{1}{2} M_2 L^2 \Omega_{1/0}^2 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} \cdot \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{B_2} \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$T(S_2, 0) = \frac{1}{2} M_2 L^2 \Omega_{1/0}^2 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \Omega_{2/1} \\ \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2} \cdot \begin{bmatrix} A_2 \Omega_{2/1} \\ B_2 \sin(\beta) \Omega_{1/0} \\ C_2 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \end{bmatrix}_{B_2}$$

$$T(S_2, 0) = \frac{1}{2} M_2 L^2 \Omega_{1/0}^2 + \frac{1}{2} [A_2 \Omega_{2/1}^2 + B_2 \sin(\beta)^2 \Omega_{1/0}^2 + C_2 \cos(\beta)^2 \Omega_{1/0}^2]$$

$$T(S_2, 0) = \frac{1}{2} M_2 L^2 \Omega_{1/0}^2 + \frac{1}{2} [A_2 \Omega_{2/1}^2 + \Omega_{1/0}^2 (B_2 \sin(\beta)^2 + C_2 \cos(\beta)^2)]$$

$$\begin{aligned} \frac{dT(S_2, 0)}{dt} &= M_2 L^2 \dot{\Omega}_{1/0} \Omega_{1/0} + A_2 \Omega_{2/1} \dot{\Omega}_{2/1} + \dot{\Omega}_{1/0} \Omega_{1/0} (B_2 \sin(\beta)^2 + C_2 \cos(\beta)^2) \\ &\quad + \Omega_{1/0}^2 \dot{\beta} (B_2 \cos(\beta) \sin(\beta) - C_2 \sin(\beta) \cos(\beta)) \end{aligned}$$

$$\dot{\Omega}_{1/0} = 0$$

$$\frac{dT(S_2, 0)}{dt} = A_2 \Omega_{2/1} \dot{\Omega}_{2/1} + \Omega_{1/0}^2 \Omega_{2/1} \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2)$$

$$\frac{dT(S_2, 0)}{dt} = \Omega_{2/1} (A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2))$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

$$\frac{dT(S_2, 0)}{dt} = P_{int} + P_{ext}$$

$$P_{int} = 0$$

Pour P_{ext} , soit on calcule le comoment des torseurs :

$$P_{ext} = \{\mathcal{T}_{12}\}\{\mathcal{V}_{21}\}$$

$$= \begin{pmatrix} -m_2 L \Omega_{1/0}^2 & A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (C_2 - B_2) \\ 0 & \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \\ 0 & \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \end{pmatrix}^{B_2} \begin{pmatrix} \dot{\Omega}_{2/1} & 0 \\ \Omega_{1/0} \sin(\beta) & L_1 \cos(\beta) \Omega_{1/0} \\ \Omega_{1/0} \cos(\beta) & -L_1 \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} \end{pmatrix}^{G_2}$$

$$P_{ext} = \cos(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (A_2 + B_2 - C_2) \Omega_{1/0} \sin(\beta) + \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (-A_2 + B_2 - C_2) \Omega_{1/0} \cos(\beta)$$

$$P_{ext} = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2)$$

Attention à ne pas l'oublier, sinon erreur de signe dans l'équation obtenue

Sinon on utilise le couple théorique L_{12} qui s'applique pour que la vitesse soit constante :

$$P_{ext} = L_{12} \Omega_{2/1} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 \Omega_{2/1} (C_2 - B_2)$$

Ensuite :

$$\frac{dT(S_2, 0)}{dt} = P_{ext}$$

$$\Omega_{2/1} (A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2)) = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2)$$

$$A_2 \dot{\Omega}_{2/1} \Omega_{2/1} = -\Omega_{1/0}^2 \Omega_{2/1} \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2) + 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2)$$

$$A_2 \dot{\Omega}_{2/1} = \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2)$$

$$\dot{\Omega}_{2/1} = -\cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 \frac{C_2 - B_2}{A_2}$$

Si on isole 1+2 : L'énergie cinétique du solide 1 est constante car vitesse constante

$$\frac{dT(S_1 + S_2, 0)}{dt} = \frac{dT(S_2, 0)}{dt} = \Omega_{2/1} (A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2))$$

$$P_{ext} = C_m \Omega_{1/0} = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0} (B_2 - C_2) \Omega_{1/0}$$

$$\Omega_{2/1} (A_2 \dot{\Omega}_{2/1} + \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2)) = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{2/1} \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2)$$

$$A_2 \dot{\Omega}_{2/1} = 2 \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2) - \Omega_{1/0}^2 \cos(\beta) \sin(\beta) (B_2 - C_2)$$

$$A_2 \dot{\Omega}_{2/1} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 (B_2 - C_2)$$

$$\dot{\Omega}_{2/1} = \cos(\beta) \sin(\beta) \Omega_{1/0}^2 \frac{B_2 - C_2}{A_2}$$

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
29/08/2022	Dynamique	TD+ - Eolienne - Correction

Bilan

Question 32: Comparer les deux démarches mises en place pour l'obtention d'actions de liaisons et de l'équation différentielle du mouvement.

Le PFD donne les actions de liaison et l'équation différentielle du mouvement, c'est lourd mais ça fonctionne bien en appliquant la démarche proprement.

Si l'on souhaite juste obtenir l'équation différentielle du mouvement, il suffit d'appliquer un PFD à la pièce 2 en moment sur l'axe de la pivot 2/1. Sinon, on fait un TEC.

Pour appliquer le TEC dans ce problème, la difficulté réside dans la détermination de la puissance extérieure car le mouvement est imposé constant, un couple associé étant inconnu :

- Soit on isole 1+2 et il faut la donnée
 - du couple inconnu C_m dans la liaison 1/0, il faut alors faire un PFD à l'ensemble 1+2 en moment dynamique sur l'axe de la pivot 1/0 en intégrant ce couple inconnu
- Soit on isole 2 et il faut la donnée
 - Soit de l'action 1->2 dans la direction de la vitesse (horizontale), donc en résultante sur les directions \vec{x}_1 et \vec{y}_1 , il faut donc faire un PDF appliqué à 2 en résultante sur \vec{x}_1 et \vec{y}_1
 - Soit du couple théorique L_{13} qui s'appliquerait sur l'hélice si elle était bloquée, qui est en fait le couple dynamique qui la fait bouger, il faut donc faire un PFD appliqué à 2 en moment sur $\vec{x}_1 = \vec{x}_2$

Remarque : si le couple C_m était connu et imposé à la place de la vitesse, il suffirait d'isoler 1+2 et de faire comme proposé lors de cet isolement. Isoler 2 seule poserait toujours le problème de connaître l'action dans la liaison ½ ou la puissance de 1 sur 2. On peut alors faire un TEC sur 1 afin d'avoir la puissance de 2 sur 1 et si liaisons parfaites, on en déduit puissance 2 sur 1