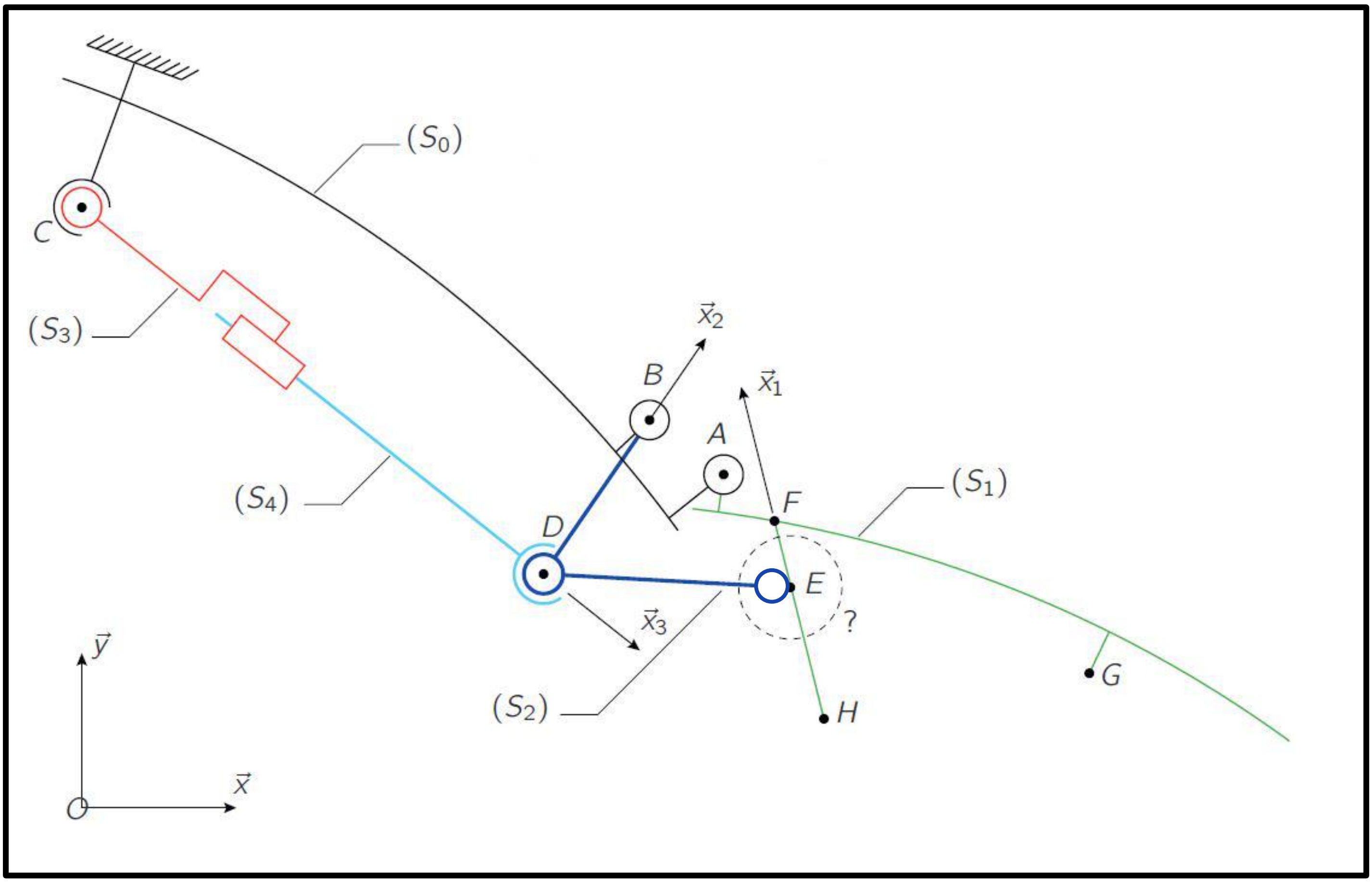
Exercice 3527 : Porte Cargo

Q1. Compléter le schéma cinématique avec la liaison adéquate.



Q2. Pour les trois liaisons, donner les formes des taux de rotation et des vitesses de translation.

Pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$:

$$\vec{\Omega}(1/0) = \dot{\theta}_1 \vec{z}$$

$$\vec{V}(A \in 1/0) = \vec{0}$$

Glissière de direction $\vec{x}_3$:

$$\vec{\Omega}(4/3) = \vec{0}$$

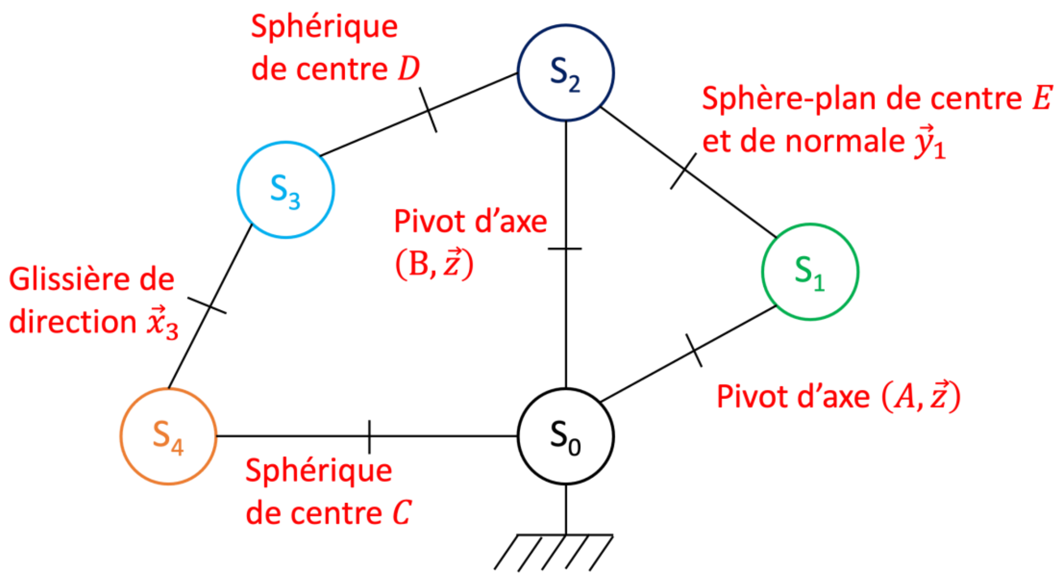
$$\vec{V}(P \in 4/3) = \dot{\lambda}\vec{x}_3 \ \forall P$$

Sphérique de centre C :

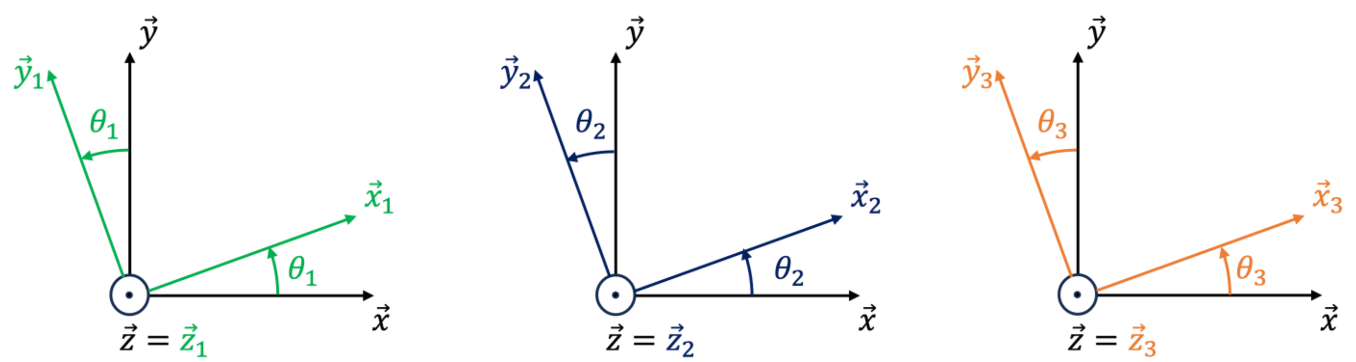
$\vec{\Omega}(3/0) = \dot{\theta}_{x3}\vec{x} + \dot{\theta}_{y3}\vec{y} + \dot{\theta}_3\vec{z}$ ou $\vec{\Omega}(3/0) = \dot{\theta}_3\vec{z}$ avec hypothèse système plan

$$\vec{V}(C \in 3/0) = \vec{0}$$

Q3. À l'aide de la description du mécanisme et du schéma cinématique partiel donné, réaliser le graphe des liaisons.



Q4. Tracer les figures du changement de base associées au paramétrage du mécanisme d'ouverture de la porte cargo.



Q5. Donner la relation entre $\widetilde{V}$, le temps d'ouverture T et la course $\Delta\lambda$. Faire l'application numérique pour déduire la vitesse moyenne nécessaire pour respecter l'exigence de temps d'ouverture.

On a

$$\boxed{\tilde{V} = \frac{\Delta\lambda}{T}}$$

Avec $\Delta\lambda$ la course du vérin et T le temps d'ouverture/fermeture de la porte cargo.

A.N : $\tilde{V} = \frac{150}{30}$ donc $\boxed{\tilde{V} = 5\, mm.s^{-1}}$

Q6. À l'aide d'une fermeture géométrique à préciser, donner la relation entre la longueur de l'actionneur λ et l'angle θ_2 sous la forme : $\lambda = g(\theta_2)$

On réalise la fermeture géométrique :

$$\overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DB} + \overrightarrow{BC} = \vec{0}$$

$$\Longrightarrow \lambda\vec{x}_3 + a_2\vec{x}_2 - a_0\vec{x} - b_0\vec{y} = \vec{0}$$

On en déduit par projection de la fermeture géométrique dans la base du bâti $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$:

$$\begin{cases} \lambda\cos\theta_3 + a_2\cos\theta_2 - a_0 = 0 \\ \lambda\sin\theta_3 + a_2\sin\theta_2 - b_0 = 0 \end{cases}$$

$$\Longrightarrow \begin{cases} \lambda\cos\theta_3 = a_0 - a_2\cos\theta_2 \quad (1) \\ \lambda\sin\theta_3 = b_0 - a_2\sin\theta_2 \quad (2) \end{cases}$$

Pour « éliminer » le paramètre θ_3, on réalise l'opération suivante :

$$(1)^2 + (2)^2 \Longrightarrow \lambda^2 = (a_0 - a_2\cos\theta_2)^2 + (b_0 - a_2\sin\theta_2)^2$$

Donc

$$\boxed{\lambda = \sqrt{(a_0 - a_2\cos\theta_2)^2 + (b_0 - a_2\sin\theta_2)^2}}$$

Q7. À l'aide de la fermeture géométrique (ABEF), donner une relation entre les angles θ_1 et θ_2 sous la forme : $h(\theta_1,\theta_2)=0$

On réalise la fermeture géométrique suivante :

$$\overrightarrow{AB}+\overrightarrow{BE}+\overrightarrow{EF}+\overrightarrow{FA}=\vec{0}$$

$$\Longrightarrow -c_0\vec{x}-d_0\vec{y}-b_2\vec{x}_2-c_2\vec{y}_2-\delta\vec{x}_1+c_1\vec{x}_1+d_1\vec{y}_1=\vec{0}$$

En projetant dans la base $(\vec{x},\vec{y})$:

$$\begin{cases}-c_0-b_2\cos\theta_2+c_2\sin\theta_2+(c_1-\delta)\cos\theta_1-d_1\sin\theta_1=0\\-d_0-b_2\sin\theta_2-c_2\cos\theta_2+(c_1-\delta)\sin\theta_1+d_1\cos\theta_1=0\end{cases}$$

$$\Longrightarrow\begin{cases}(c_1-\delta)\cos\theta_1=c_0+b_2\cos\theta_2+d_1\sin\theta_1-c_2\sin\theta_2 & (1)\\(c_1-\delta)\sin\theta_1=d_0+b_2\sin\theta_2+c_2\cos\theta_2-d_1\cos\theta_1 & (2)\end{cases}$$

Pour « éliminer » le paramètre δ, on réalise l'opération :

$$\frac{(2)}{(1)}\Longrightarrow\boxed{\tan\theta_1=\frac{d_0+b_2\sin\theta_2+c_2\cos\theta_2-d_1\cos\theta_1}{c_0+b_2\cos\theta_2-c_2\sin\theta_2+d_1\sin\theta_1}}$$

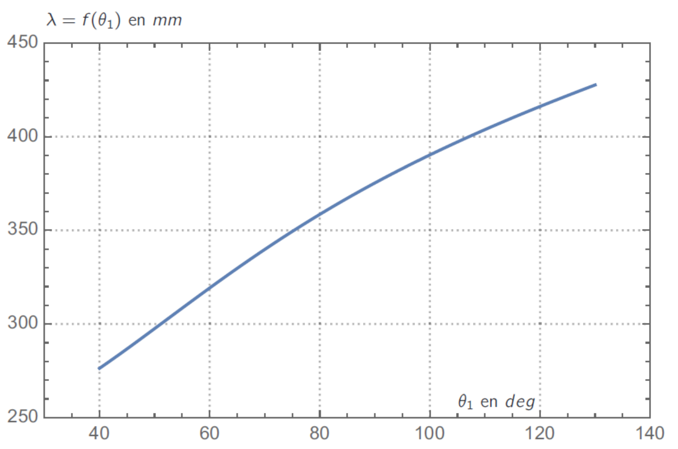
Q8. Montrer que la vitesse de l'actionneur $V(\theta_1)$ est de la forme $V(\theta_1)=\dot{\theta}_1 f'(\theta_1)$.

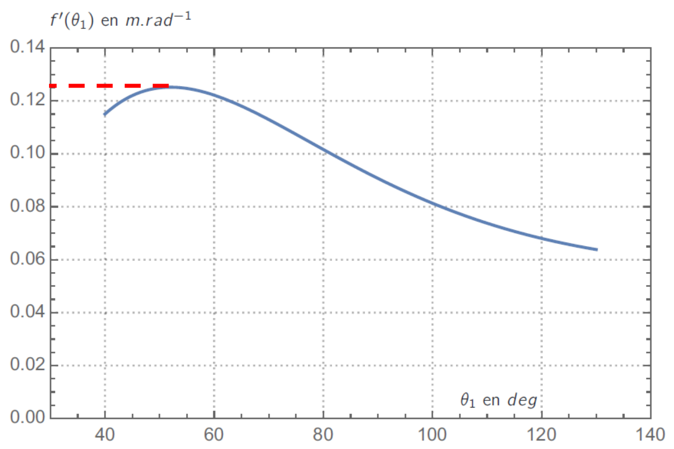
On a d'après les données de l'énoncé :

$$V(\theta_1)=\frac{d\lambda}{dt}=\frac{df(\theta_1)}{dt}$$

D'après la dérivation d'une fonction composée (l'angle θ_1 dépendant en fonction du temps), on a donc :

$$\boxed{V(\theta_1)=\dot{\theta}_1 f'(\theta_1)}$$





Q9. Si l'on souhaite que la vitesse angulaire de la porte $\dot{\theta}_1$ soit au moins de 3°.s^{-1} pour toute configuration entre la position fermée et la position ouverte, quelle doit être la vitesse linéaire de l'actionneur en mm.s^{-1} ? On détaillera le raisonnement de manière littérale. Pour l'application numérique, on veillera à justifier les valeurs employées par des tracés sur les figures ci-dessus.

La vitesse angulaire doit être au moins de 3°, soit :

$$\dot{\theta}_1 = \omega_1 > 3°.s^{-1}$$

$$\Longrightarrow \dot{\theta}_1 f'(\theta_1) > \omega_1 f'(\theta_1)$$

$$\Longrightarrow V(\theta_1) > \omega_1 f'(\theta_1)$$

Donc $\boxed{V(\theta_1) = \omega_1 \max f'(\theta_1)}$

A.N : D'après le graphe ci-dessus de la fonction f' en fonction de θ_1, on a

$$\max f'(\theta_1) = 0{,}13\ m.rad^{-1} = 130\ mm.rad^{-1}$$

Soit

$$V = \frac{3\pi}{180} \times 130 \approx \frac{9}{180} \times 130 = \frac{130}{20} = 13/2$$

Donc $\boxed{V \approx 6{,}5\ mm.s^{-1}}$

Q10. Donner la relation permettant de calculer le rapport de transmission r en fonction des caractéristiques données du train d'engrenage.

Sur le train d'engrenage, il y a 3 contacts extérieurs. La relation donnant le rapport de transmission r est alors

$$\boxed{r = \frac{\omega_{A_1}}{\omega_{A_4}} = -\frac{Z_{1s}\, Z_{2s}\, Z_{3s}}{Z_{1e}\, Z_{2e}\, Z_{3e}}}$$

Q11. Déterminer la relation entre la vitesse du vérin V et la vitesse de rotation du moteur ω_m en fonction de p et r.

Il s'agit d'un système vis-écrou pour entrainer la tige de vérin en translation soit :

$$V = \frac{p}{2\pi}\omega_{A_4}$$

Or $\omega_{A_4} = \frac{\omega_{A_1}}{r}$ avec $\omega_{A_1} = \omega_m$ donc $\boxed{V = \frac{p}{2\pi r}\omega_m}$.

Q12. Déterminer la vitesse de rotation N_m en tr.min^{-1} pour la vitesse linéaire du vérin attendue. Pour l'application numérique, on prendra un rapport $\frac{p}{r} = \frac{3}{70}\ mm.tr^{-1}$.

On sait que $N_m = \frac{60}{2\pi}\omega_m$ soit

$$\boxed{N_m = \frac{60r}{p}V}$$

A.N :

$$N_m = \frac{60 \times 70}{3} \times 5 = 100 \times 70$$

Donc $\boxed{N_m = 7\ 000\ tr.\min^{-1}}$

Q13. Encadrer **avec de la couleur** trois références de moteurs à courant continu permettant de respecter la cinématique attendue. Justifier brièvement votre réponse.

D'après la question précédente, les moteurs qui conviennent aux exigences sont ceux dont la vitesse de rotation nominale est supérieure ou égale à N_m. Ainsi les moteurs possibles sont :

Référence	D en mm	P en W	U en V	N en tour/min	C en mN.m
DCX-35-80-12	35	80	12	8130	77.7 mN.m
DCX-35-80-18	35	80	18	7200	120 mN.m
DCX-35-80-24	35	80	24	7720	121 mN.m
DCX-35-80-36	35	80	36	7940	128 mN.m
DCX-35-80-48	35	80	48	6670	138 mN.m
DCX-35-80-60	35	80	60	7690	134 mN.m
RE-35-90-15	35	90	15	7200	74.2 mN.m
RE-35-90-30	35	90	30	7280	102 mN.m
RE-35-90-42	35	90	42	7580	106 mN.m
RE-35-90-48	35	90	48	7310	104 mN.m
RE-40-150-12	40	150	12	6920	94.9 mN.m
RE-40-150-24	40	150	24	7580	177 mN.m
RE-40-150-48	40	150	48	7590	187 mN.m
RE-50-200-24	50	200	24	5950	405 mN.m
RE-50-200-36	50	200	36	5680	418 mN.m
RE-50-200-36	50	200	36	5680	400 mN.m
RE-50-200-48	50	200	48	4900	420 mN.m
RE-50-200-70	50	200	70	2760	452 mN.m

Références de moteurs à courant continu avec le diamètre extérieur D du stator, la puissance nominale P, la tension d'alimentation conseillée U, le régime nominal N, le couple nominal C.