3. Déterminer la vitesse de rotation maximale de l'articulation ω_m en fonction du temps de parcours t_m et de l'angle parcouru. Faire l'application numérique

Le moment d'inertie de l'ensemble du bras dans la position choisie est noté J=0,6 kg.m^2. Le moteur électrique est accouplé à un réducteur de rapport $\rho = 0{,}002$ et de rendement unitaire.

4. Déterminer l'accélération angulaire maximale $\dot{\omega}_{m,max}$ de l'axe. Faire l'application numérique.

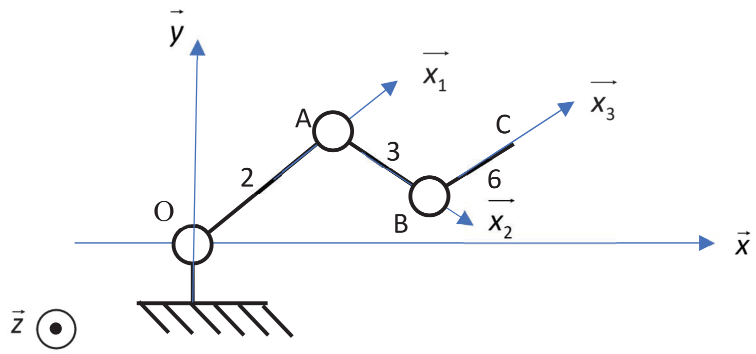
5. Déterminer le couple que doit fournir le moteur actionnant l'articulation entre l'épaule1 et le bras 2.

6. En déduire la puissance maximale que doit fournir le robot.

Partie 2 : Loi de commande des moteurs

Objectif : L'objectif de cette partie est de proposer une méthode pour commander les moteurs en fonction d'un mouvement souhaité de la raquette.

On considère dans cette partie un mouvement de la raquette qui est défini par le torseur cinématique $V_{6/0} = \begin{Bmatrix} 0 & v_x \\ 0 & v_y \\ \omega & 0 \end{Bmatrix}_{B,(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ suivant l'axe à partir d'une position courante. On ne considère ici que 3 articulations actives : l'articulation bras 2 par rapport à épaule 1, avant-bras 3 par rapport à bras 2 et main 5 par rapport à poignet 4. Toutes les autres articulations sont considérées comme bloquées et immobiles.



$OA = a$

$AB = b$

$BC = c$

Figure 5 : Schéma cinématique du robot

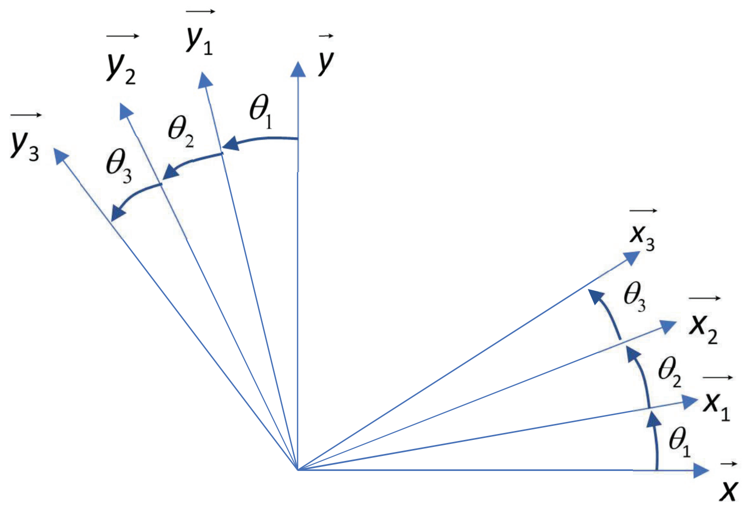


Figure 6 : Figures de changement de bases

7. Déterminer l'expression des vecteurs $\overrightarrow{y_1}$ et $\overrightarrow{y_2}$ dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

8. Déterminer le vecteur $\overrightarrow{OB}$. On ne demande pas de projeter expressément dans une base.

9. Déterminer le vecteur vitesse de rotation ω en fonction des angles θ_1, θ_2 et θ_3.

10. Déterminer le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{B,6/0}}$ en fonction de θ_1, θ_2 et des constantes du problème. On ne demande pas de projeter dans une base précise.
11. Projeter le résultat précédent dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.
12. Mettre le système sous forme matricielle $U = K.\Theta$ où $U = \begin{pmatrix} V_X \\ V_Y \\ \omega \end{pmatrix}$, $\Theta = \begin{pmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \end{pmatrix}$ et K une matrice de dimensions 3x3, dépendant des angles θ_1 et θ_2 et des constantes du problème.

13. Justifier que l'on doit contrôler 3 moteurs pour pouvoir contrôler V_X, V_Y et ω de manière indépendante.

14. On constate que la matrice K n'est pas toujours inversible. Donner une combinaison de valeurs de θ_1 et $\theta_2$donnant une matrice K $non\ inversible. Commenter$.

Partie 3 : Modélisation du système et réglage de l'asservissement

Objectif : L'objectif de cette partie est de proposer un modèle électrique et dynamique du robot, afin de vérifier les performances dans la partie suivante.

Dans cette partie on modélise une des 6 articulations du robot. On souhaite que les performances du robot soient les suivantes :

Stabilité	Marge de phase de 45°
Précision	Ecart statique indiciel nul en boucle fermée Ecart de traînage en boucle fermée inférieur à 5 rad/s pour une consigne rampe de pente 1000 rad/s^2
Rapidité	Temps de réponse à 5% égal à 0,04 s.

La vitesse de rotation de consigne est notée Ω_C. Cette vitesse de consigne est convertie grâce à un adaptateur de gain K_A en tension électrique U_C compréhensible par le calculateur.

La grandeur asservie est la vitesse de rotation de l'axe considéré notée Ω. Cette vitesse Ω est mesurée par un capteur de gain K_C et est convertie en tension électrique U_{mes}.

Le calculateur calcule la différence $\varepsilon = \Omega_C - \Omega$, puis élabore la tension d'alimentation du moteur électrique U_m grâce à un correcteur de fonction de transfert $C(p) = \frac{U_m}{\varepsilon}$.

Le moteur électrique accouplé au réducteur a une fonction de transfert $\frac{\Omega}{U_m} = \frac{K}{(1+T_1.p).(1+T_2.p)}$.

15. Proposer un schéma bloc du processus complet.

16. Déterminer une relation entre K_A et K_C pour que le système soit précis.

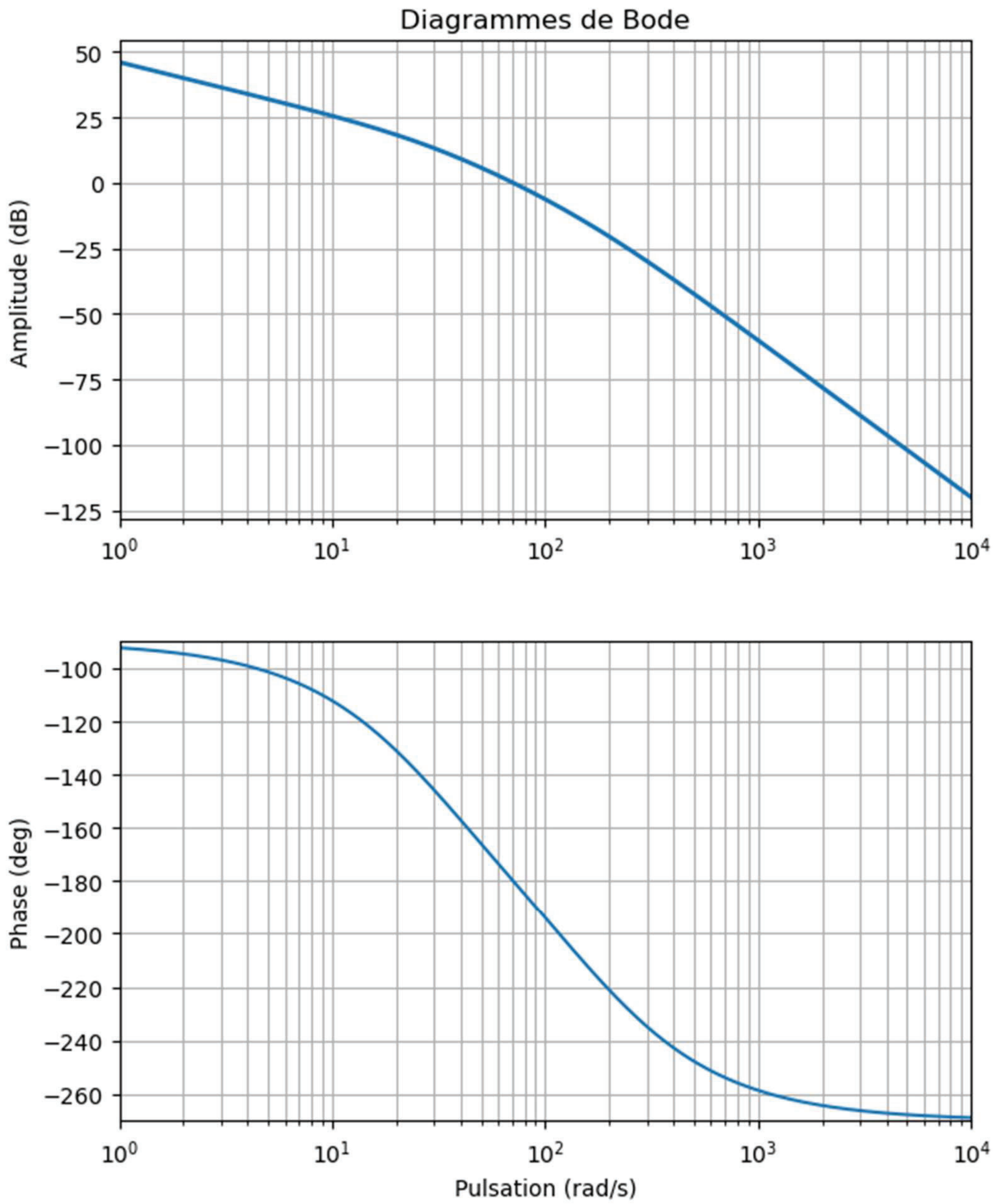
La Fonction de transfert en Boucle Ouverte du système est égale à $\mathrm{FTBO(p)} = \mathrm{C(p)}\frac{5}{(1+0,0002p)(1+0.04p)}$

17. Justifier que la fonction de transfert du correcteur C(p) doit comporter un intégrateur pur $\frac{1}{p}$.

On choisit tout d'abord un correcteur de fonction de transfert $C(p) = \frac{C_0}{p}$.

18. Quelle valeur doit prendre C_0 pour satisfaire au critère de précision ?

On donne ci-dessous le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé $\mathrm{FTBO(p)} = \frac{C_0}{p}\frac{5}{(1+0,0002\mathrm{p})(1+0.04p)}$ avec la valeur de C_0trouvée précédemment.



19. Mesurer la marge de phase. Est-elle suffisante ? Proposer un correcteur permettant de vérifier ce critère. Justifier.

FIN DE L'EPREUVE