UNIVERSITÉ PAUL SABATIER U.F.R. PCA & MIG

EXAMEN DE ROBOTIQUE – M2 IRR/PISI

Nom : **Prénom :**

Modélisation géométrique

On considère le robot manipulateur PPRRR représenté sur la figure jointe. On note $\mathcal{R}_0$ le repère de base et O_7 le point de référence de l'organe terminal.

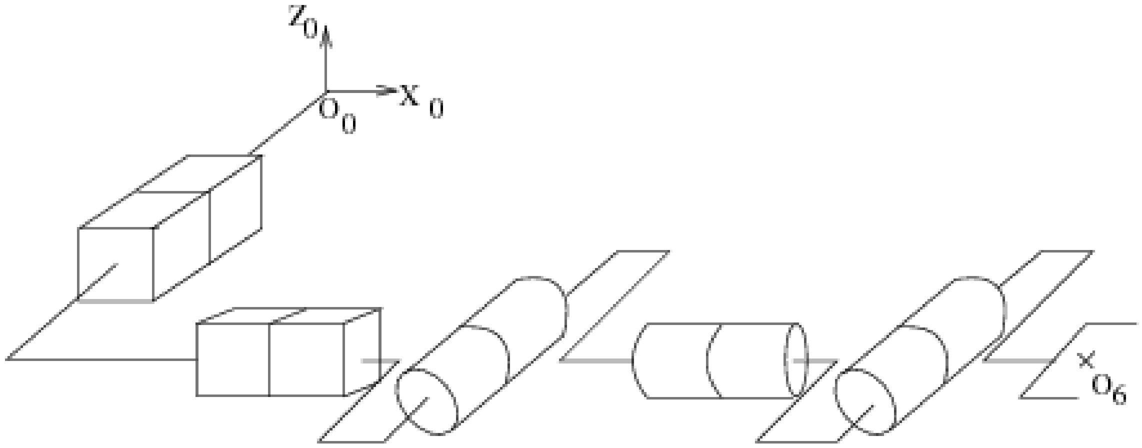


FIGURE 1 – Robot manipulateur PPRRR.

1. Positionner les repères $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_5$ liés aux corps mobiles de ce robot.
2. En déduire le tableau des paramètres modifiés de Denavit/Hartenberg. On précisera les valeurs des coordonnées généralisées pour la figure.
3. Calculer les matrices de passage homogènes élémentaires $T_{i-1,i}$.
4. Valider précisément chacune de ces matrices pour la configuration représentée sur la figure proposée.
5. **Pour la configuration représentée sur la figure :**
   (a) donner **sans aucun calcul** la matrice T_{05}. On pourra exploiter les repères préalablement positionnés.
   (b) Sachant que l'on choisit comme coordonnées opérationnelles les cosinus directeurs partiels et les coordonnées cartésiennes, déterminer la situation correspondante de l'organe terminal.

– LISEZ ATTENTIVEMENT L'ENSEMBLE DU SUJET AVANT DE COMPOSER.
– IL NE SERA RÉPONDU À AUCUNE QUESTION. SI TOUTEFOIS VOUS CONSIDÉREZ ÊTRE EN PRÉSENCE D'UNE AMBIGUÏTÉ, EXPLIQUEZ EN QUOI ELLE CONSISTE ET INDIQUEZ EXPLICITEMENT PAR QUEL CHOIX VOUS LA RÉSOLVEZ.
– TOUS LES RÉSULTATS DEVRONT ÊTRE VÉRIFIÉS POUR LA CONFIGURATION DE LA FIGURE.
– UNE PRÉSENTATION SOIGNÉE EST L'ASSURANCE D'UNE CORRECTION PLUS INDULGENTE...

Génération de mouvement

Pour la commande d'un axe de robot entre deux valeurs de sa coordonnée généralisée $q(t)$, on impose les profils de vitesse $\dot{q}(t)$, d'accélération $\ddot{q}(t)$ et de jerk $\dddot{q}\ (t)$ de la figure **??**.

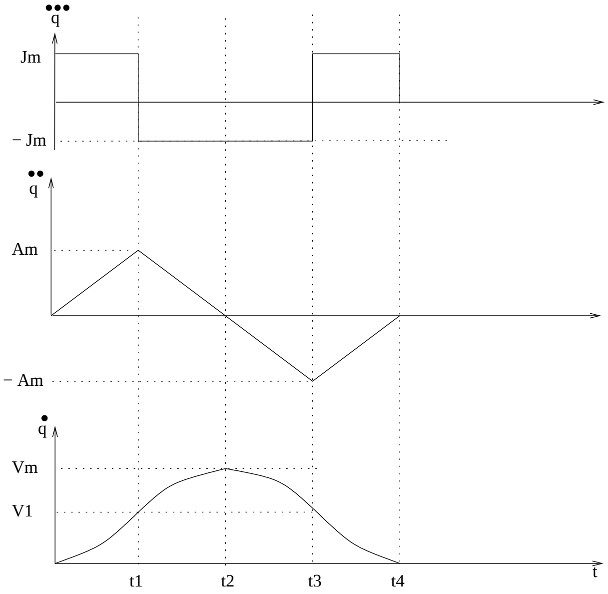


Figure 2 – Profils de commande en vitesse, accélération et jerk

Sachant que : J_m, V_m sont connus, $q(0)$ et $q(t_4)$ sont connues.
et que $t_4 - t_3 = t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = t_1$ $\qquad V_1 = \frac{V_M}{2}$

1. Calculer t_1 et Am.
2. Pour l'intervalle temporel $0 \leq t \leq t_2$ donner les équations d'évolution de $\ddot{q}(t)$, de $\dot{q}(t)$ et $q(t)$.

- **LISEZ ATTENTIVEMENT L'ENSEMBLE DU SUJET AVANT DE COMPOSER.**
- **IL NE SERA RÉPONDU À AUCUNE QUESTION. SI TOUTEFOIS VOUS CONSIDÉREZ ÊTRE EN PRÉSENCE D'UNE AMBIGUÏTÉ, EXPLIQUEZ EN QUOI ELLE CONSISTE ET INDIQUEZ EXPLICITEMENT PAR QUEL CHOIX VOUS LA RÉSOLVEZ.**
- **TOUS LES RÉSULTATS DEVRONT ÊTRE VÉRIFIÉS POUR LA CONFIGURATION DE LA FIGURE.**
- **UNE PRÉSENTATION SOIGNÉE EST L'ASSURANCE D'UNE CORRECTION PLUS INDULGENTE...**

EXAMEN DE ROBOTIQUE
UE Robotique et traitement d'images en production
Tous documents autorisés - Durée : 1h

Nom : **Prénom :**

Partie I : Modélisation géométrique

On considère le robot PRRRR représenté sur la figure 1.

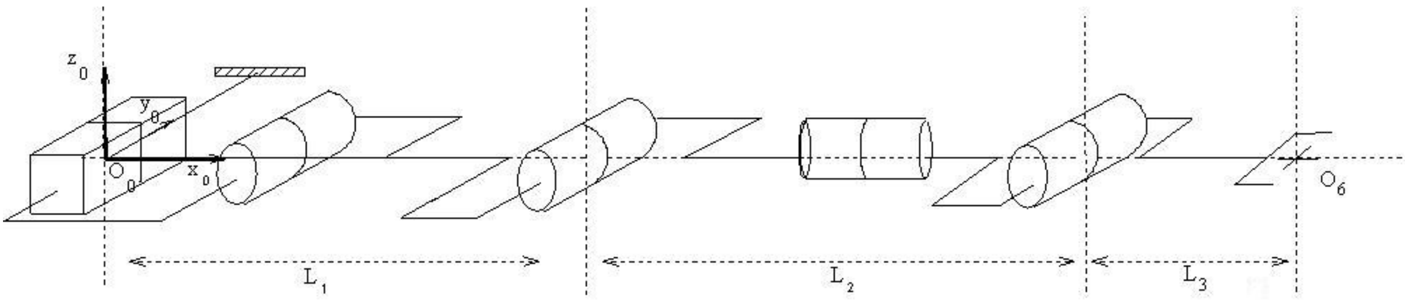


FIGURE 1 – Robot PRRRR.

On souhaite établir les modèles géométriques direct et inverse de ce robot. On note $\mathcal{R}_0$ (O_0, $\vec{x_0}$, $\vec{y_0}$, $\vec{z_0}$) le repère de base lié au socle et O_6 le centre de la pince. On pose $L_1 = O_1O_2$, $L_2 = O_2O_3$, et $L_3 = O_3O_4$. Les distances L_i sont positives.

1. Positionner les repères $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_5$.
2. Déterminer les paramètres de Denavit-Hartenberg modifiés.
3. En déduire les matrices de passage homogènes élémentaires $T_{i-1,i}$. Vérifier vos résultats pour la configuration représentée sur la figure 1. **On n'effectuera pas les produits matriciels permettant de déterminer le MGD.**
4. En supposant la matrice T_{05} connue, donner la situation de l'organe terminal en utilisant les coordonnée cylindriques et les cosinus directeurs complets. Cette représentation est-elle minimale ? Justifier votre réponse.

Partie II : Génération de trajectoire

Dans le cadre d'une application robotique, on désire élaborer une commande en vitesse dans l'espace généralisé qui respecte le profil de la figure 2 entre quatre configurations (q_0, q_1, q_2 et q_3) avec des vitesses imposées (V_1, V_2 et V_3) sur les morceaux de trajectoires. L'utilisateur impose donc les q_i et les V_i (voir figure 2).

L'objectif est de réaliser la trajectoire entre q_0 et q_1 à la vitesse V_1, la trajectoire entre q_1 et q_2 à la vitesse V_2, la trajectoire entre q_2 et q_3 à la vitesse V_3 et de minimiser le temps global t_f.

Le robot part de q_0 à vitesse nulle et arrive en q_3 à vitesse nulle. Il possède une accélération/décélération, bornée, connue A_c.

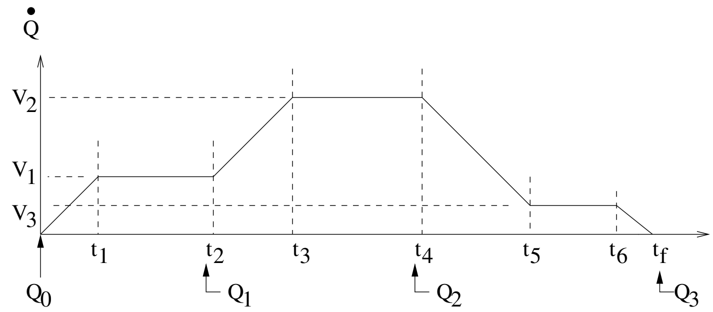


FIGURE 2 – Profil de vitesse

1. Calculer les instants de commutation t_i.
2. Donner les équations de $q(t)$ et $\dot{q}(t)$ entre t_0 et t_5.
3. Peut-on toujours garantir d'avoir la vitesse V_1 en q_1 (t_2) ? Sinon quel paramètre faut-il modifier et comment ? Justifier votre réponse.

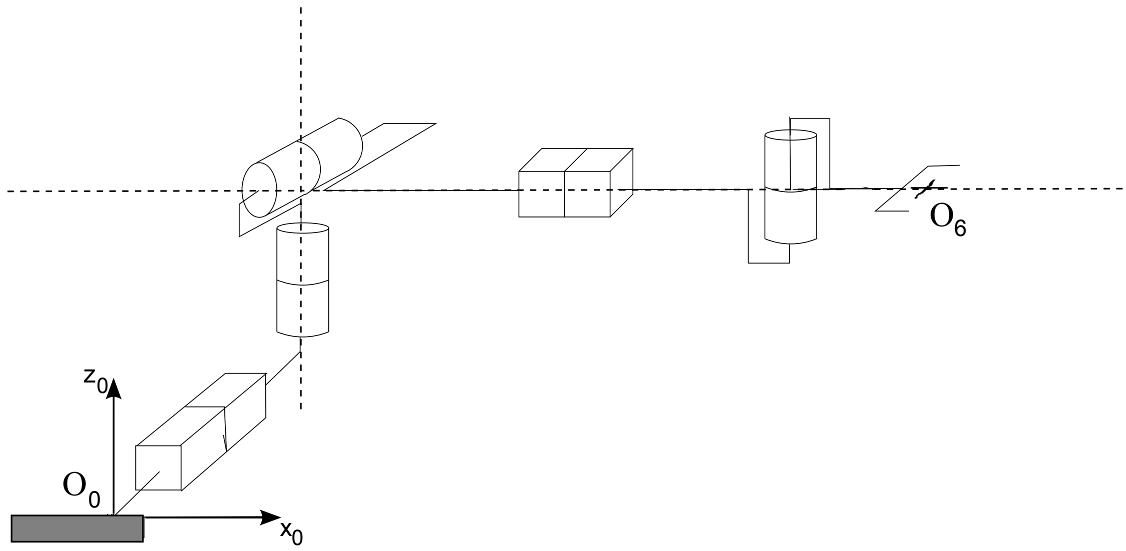
EXAMEN DE ROBOTIQUE Janvier 2013
UE Robotique et traitement d'images en production

Tous documents autorisés - Durée : 1h

Nom : **Prénom :**

Partie I : Modélisation géométrique

On considère le robot manipulateur PRRPR représenté sur la figure jointe. On note $\mathcal{R}_0$ le repère de base et O_6 le point de référence de l'organe terminal.



1. Positionner les repères $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_5$ liés aux corps mobiles de ce robot.
2. En déduire le tableau des paramètres modifiés de Denavit/Hartenberg. On précisera les valeurs des coordonnées généralisées pour la figure.
3. Calculer les matrices de passage homogènes élémentaires $T_{i-1,i}$.

On considère maintenant un robot constitué de 3 liaisons. La matrice de passage homogène exprimant la situation du repère pince par rapport au repère de base s'écrit :

$$T_{0P} = \begin{pmatrix} \cos(q_1+q_2) & -\sin(q_1+q_2) & 0 & L_1\cos(q_1)+L_2\cos(q_1+q_2) \\ \sin(q_1+q_2) & \cos(q_1+q_2) & 0 & L_1\sin(q_1)+L_2\sin(q_1+q_2) \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

où L_1 et L_2 sont des données géométriques du robot.

1. A partir de cette matrice, indiquez si le robot comporte des liaisons rotoides et/ou prismatiques. Aucune réponse non justifiée ne sera acceptée.
2. On souhaite maintenant déterminer la valeur des q_i correspondant à la situation de la pince définie par la matrice T^*. En identifiant ces deux matrices, on obtient le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{rcl} \cos(q_1+q_2) & = & t_{11} \\ \sin(q_1+q_2) & = & t_{21} \\ L_1\cos(q_1)+L_2\cos(q_1+q_2) & = & t_{14} \\ L_1\sin(q_1)+L_2\sin(q_1+q_2) & = & t_{24} \\ q_3 & = & t_{34} \end{array} \right.$$

où les éléments t_{ij} sont les éléments de T^* et sont donc connus.

Partie II : Génération de trajectoire

On considère une loi de mouvement de type bang-bang ou trapèze (accélération et décélération maximum) sur un seul axe d'un robot dans l'espace généralisé.

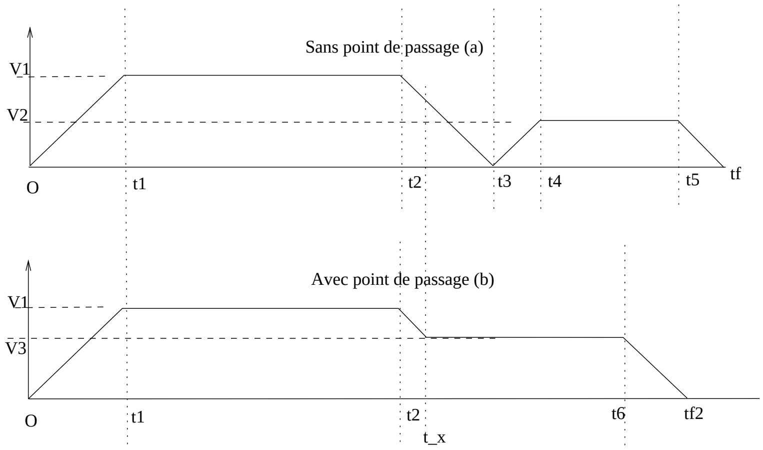


FIGURE 1 – Profils de vitesse en trapèze

Dans le cas d'un enchaînement entre 2 configuration q avec un point d'arrêt (vitesse nulle) on a le profil de la figure 1 (a) : le robot part de q_0 à $t = 0$, passe à q_1 à $t = t_3$ avec une vitesse nulle et arrive en q_2 à $t = t_f$ avec une vitesse nulle.

On a :
$t_3 - t_2 = t_1$, $t_f - t_5 = t_4 - t_3$
Accélération maximale $= A_m$
Vitesse maximale $= V_M$
$V1$ et $V2 \leq V_M$
Toutes les variations de vitesse se font à accélération/décélération maximale.

Dans ce cas on sait calculer tous les paramètres $t_{1,2,3,4,5,f}$ et $V_{1,2}$, on considère que toutes ces paramètres sont connues pour la suite du problème.

On considère maintenant le cas de la figure 1 (b) ou la configuration q_1 devient une configuration de passage. L'intervalle de temps de variation de la vitesse, $(t_3 - t_2)$ n'est plus identique puisque l'accélération/décélération se fait à valeur maximale. Cette variation de vitesse permet au robot d'atteindre le même point q_2 à t_{f2} avec un temps plus petit que dans le cas (a).

Il est donc nécessaire de calculer V_3, t_x, t_6 et t_{f2} connaissant les paramètres $t_{1,2,3,4,5,f}$ et $V_{1,2}$.

1. Ecrire l'équation entre les 3 inconnues t_2, t_x et V_3.
2. Ecrire l'équation entre les 3 inconnues t_6, t_{f2} et V_3.
3. A ce stade vous possédez 2 équations à 4 inconnues V_3, t_x, t_6 et t_{f2} En faisant l'hypothèse qu'on impose la contrainte $t_6 - t_x = t_5 - t_3$, calculer v_3.
4. Connaissant V3, peut-on calculer les autres inconnues t_x, t_6 et t_{f2} ? Si oui donner les relations.

EXAMEN DE ROBOTIQUE Septembre 2013
UE Robotique et traitement d'images en production

Tous documents autorisés - Durée : 1h

Nom : **Prénom :**

Partie I : Modélisation géométrique

I. On considère le robot manipulateur RP4R représenté sur la figure ci-dessous. On note $\mathcal{R}_0$ le repère de base et O_7 le point de référence de l'organe terminal.

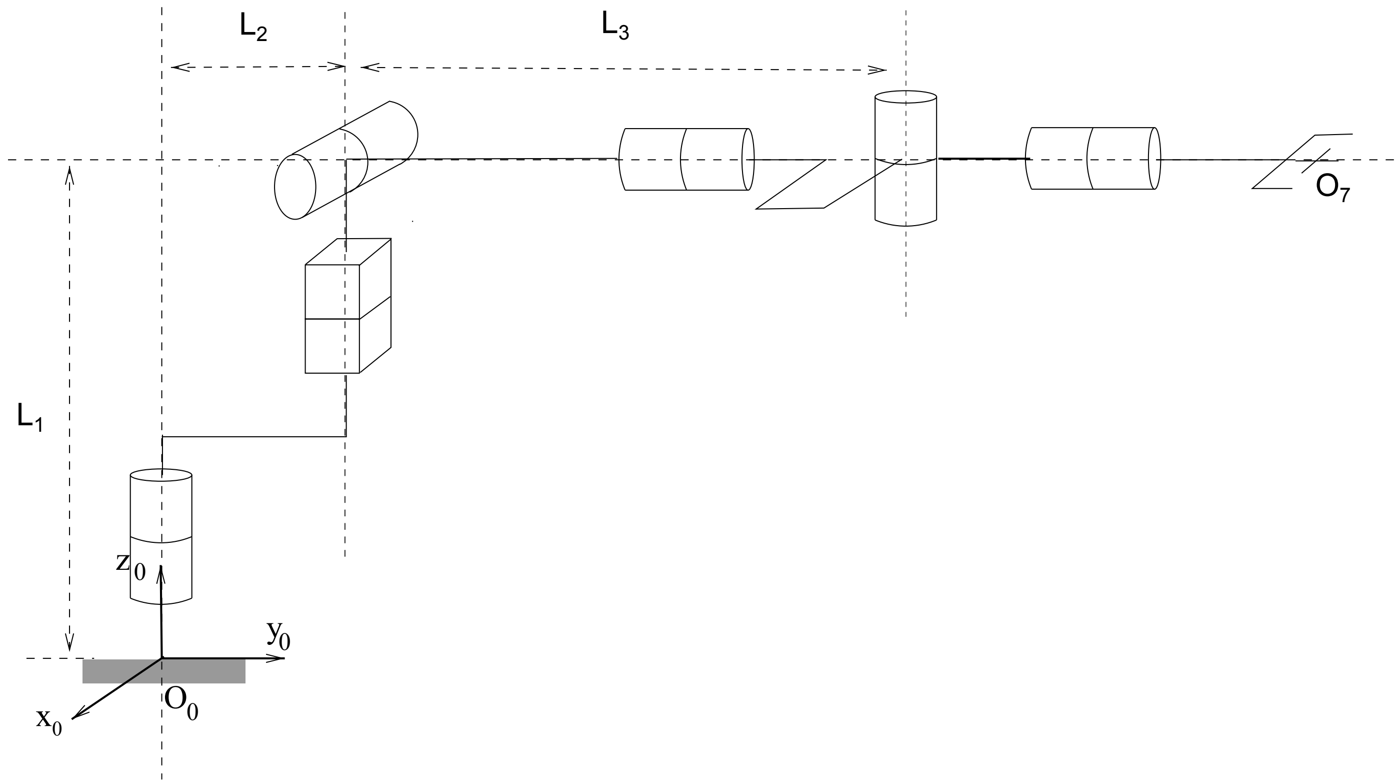


Figure 1 – Robot manipulateur RP4R.

1. Positionner les repères $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_6$ liés aux corps mobiles de ce robot.
2. En déduire le tableau des paramètres modifiés de Denavit/Hartenberg. On précisera les valeurs des coordonnées généralisées pour la figure.
3. Calculer les matrices de passage homogènes élémentaires $T_{i-1,i}$.

II. Question de cours : Définir la notion de matrice de passage homogène. Quel(s) intérêt(s) présentent-elles pour la modélisation géométrique des robots ? **Il ne s'agit pas ici de recopier le cours et la réponse attendue peut être donnée sans calcul.**

Partie II : Génération de trajectoire

Dans le cadre d'une application robotique, on désire élaborer une primitive de mouvement correspondant à une trajectoire opérationnelle circulaire passant par trois points A, B, C définis dans un plan (x, y). A : point de départ, C : point final, B point intermédiaire.

L'utilisateur impose la vitesse aux trois points (V_A, V_B, V_C) et les changements de vitesse sont toujours linéaires (voir figure 2).

Le problème est d'établir les équations de mouvement permettant de réaliser cette trajectoire.

On connait :

- les coordonnées (x_i, y_i) des trois points A, B, C
- les vitesses V_A, V_B, V_C

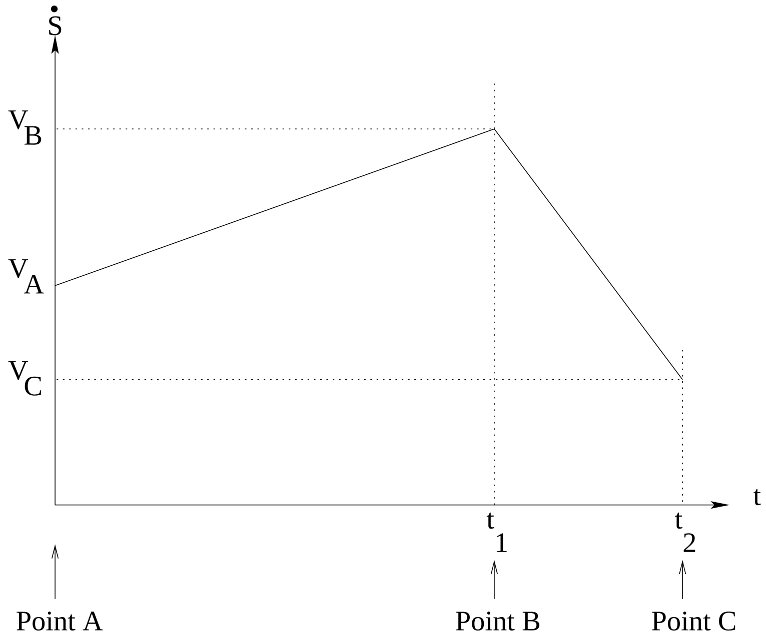


FIGURE 2 – Profils de vitesse opérationnelle, $\dot{s}(t)$, entre 3 points (x, y)

1. Calculer t_1, t_2 (utiliser l'équation de la vitesse moyenne entre deux points).
2. Calculer la valeur des accélérations entre les points A et B, K_{AB}, et entre les points B et C, K_{BC}.
3. Déterminer les lois d'évolution $s(t)$, $\dot{s}(t)$, $\ddot{s}(t)$ de l'abcisse curviligne.
4. On désire maintenant que la trajectoire soit parcourue en temps minimal mais en respectant une contrainte sur l'accélération $|\ddot{s}(t)| \leq A_{max}$. Expliciter la conséquence de cette contrainte et donner les modifications induites au niveau des équations.

EXAMEN DE ROBOTIQUE Mars 2014
UE Robotique et traitement d'images en production

Tous documents autorisés - Durée : 1h

Nom : **Prénom :**

Partie I : Modélisation géométrique

On considère le robot manipulateur cartésien 3P3R représenté sur la figure ci-dessous. On note $\mathcal{R}_0$ le repère de base et O_6 le point de référence de l'organe terminal.

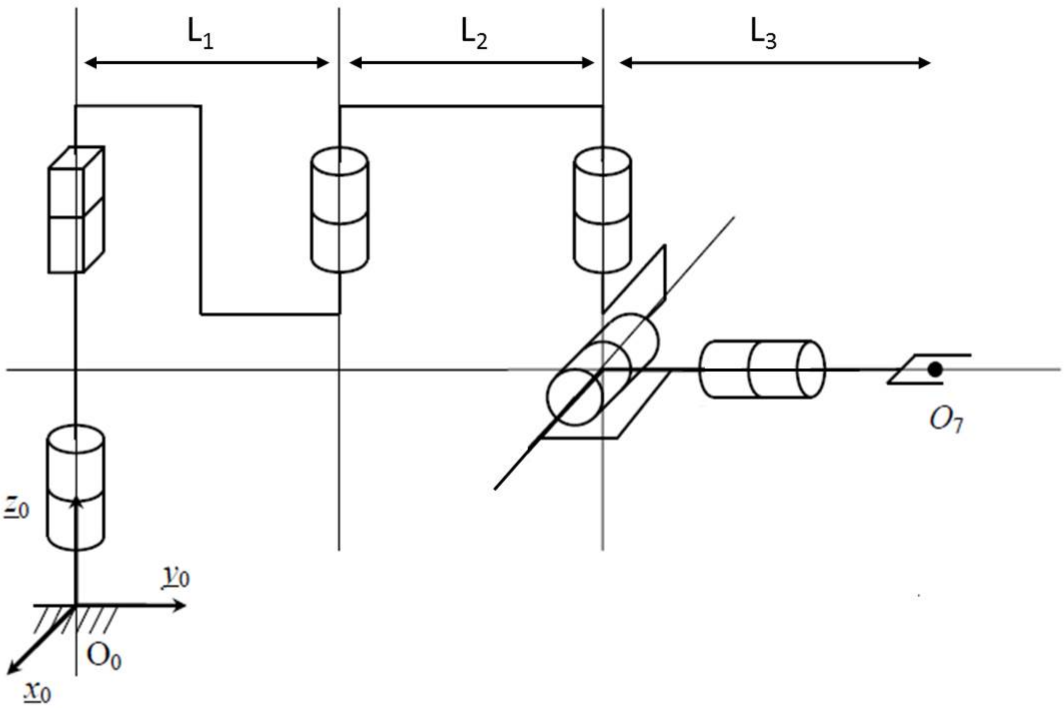


FIGURE 1 – Robot manipulateur cartésien RP4R.

1. Positionner les repères $\mathcal{R}_1$ à $\mathcal{R}_6$ liés aux corps mobiles de ce robot.
2. En déduire le tableau des paramètres modifiés de Denavit/Hartenberg. On précisera les valeurs des coordonnées généralisées pour la figure.

Question de cours : Le MGI : définition et utilité en robotique. **Il ne s'agit pas ici de recopier le cours mais d'en faire une synthèse. La réponse attendue peut être donnée sans calcul.**

Partie II : Génération de trajectoire

Partie II : Génération de trajectoire

On considère une loi de mouvement de type bang-bang ou trapèze (accélération et décélération maximum) sur un seul axe d'un robot dans l'espace généralisé.

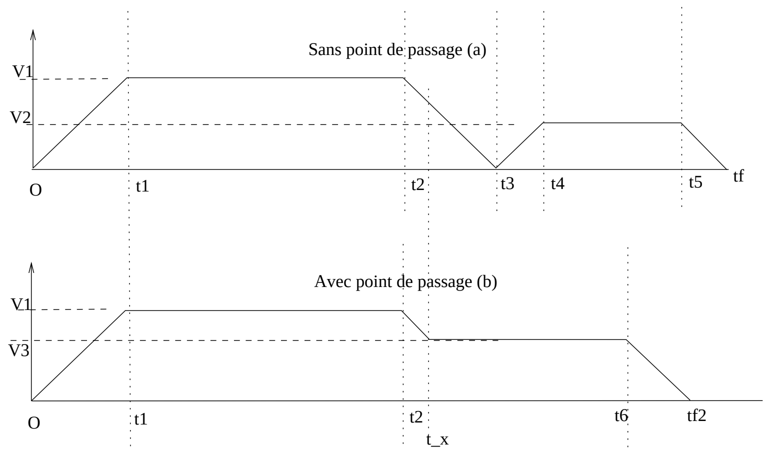


FIGURE 1 – Profils de vitesse en trapèze

Dans le cas d'un enchaînement entre 2 configuration q avec un point d'arrêt (vitesse nulle) on a le profil de la figure 1 (a) : le robot part de q_0 à $t = 0$, passe à q_1 à $t = t_3$ avec une vitesse nulle et arrive en q_2 à $t = t_f$ avec une vitesse nulle.

On a :
$t_3 - t_2 = t_1$, $t_f - t_5 = t_4 - t_3$
Accélération maximale $= A_m$
Vitesse maximale $= V_M$
$V1$ et $V2 \leq V_M$
Toutes les variations de vitesse se font à accélération/décélération maximale.

Dans ce cas on sait calculer tous les paramètres $t_{1,2,3,4,5,f}$ et $V_{1,2}$, on considère que toutes ces paramètres sont connues pour la suite du problème.

On considère maintenant le cas de la figure 1 (b) ou la configuration q_1 devient une configuration de passage. L'intervalle de temps de variation de la vitesse, $(t_3 - t_2)$ n'est plus identique puisque l'accélération/décélération se fait à valeur maximale. Cette variation de vitesse permet au robot d'atteindre le même point q_2 à t_{f2} avec un temps plus petit que dans le cas (a).

Il est donc nécessaire de calculer V_3, t_x, t_6 et t_{f2} connaissant les paramètres $t_{1,2,3,4,5,f}$ et $V_{1,2}$.

1. Ecrire l'équation entre les 3 inconnues t_2, t_x et V_3.
2. Ecrire l'équation entre les 3 inconnues t_6, t_{f2} et V_3.
3. A ce stade vous possédez 2 équations à 4 inconnues V_3, t_x, t_6 et t_{f2} En faisant l'hypothèse qu'on impose la contrainte $t_6 - t_x = t_5 - t_3$, calculer v_3.
4. Connaissant V3, peut-on calculer les autres inconnues t_x, t_6 et t_{f2} ? Si oui donner les relations.