

## Structure du Robot Delta

## A.1 Vue en perspective du Robot Delta

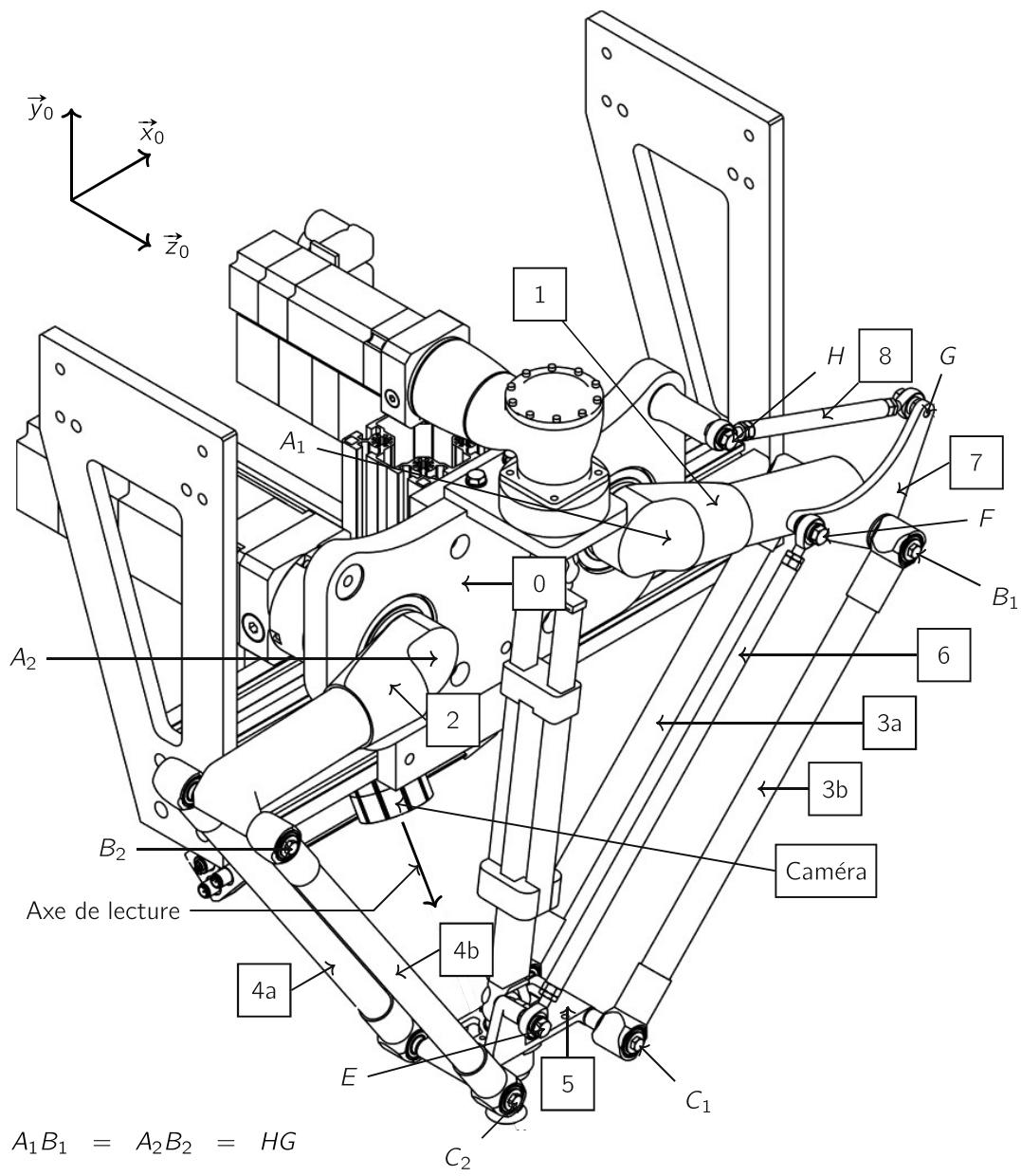
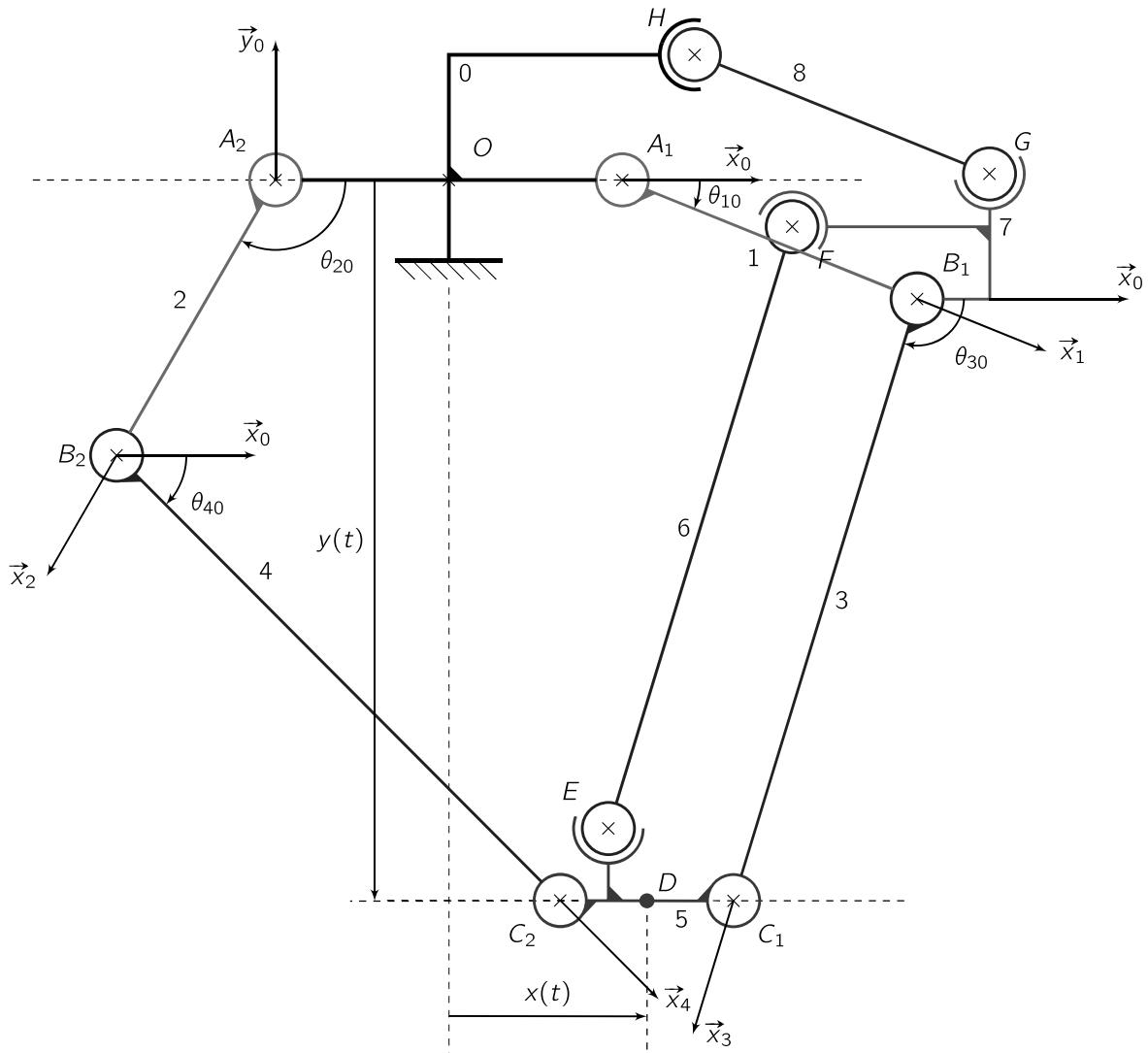


Figure 15 – Vue en perspective du Robot Delta

## A.2 Schéma cinématique 2D du Robot Delta



**Remarque :** le bras principal 1 est relié par une liaison pivot avec le bras secondaire 3 et par une autre liaison pivot (de même axe) avec le triangle 7. Il n'y a pas de liaison entre le bras secondaire 3 et le triangle 7.

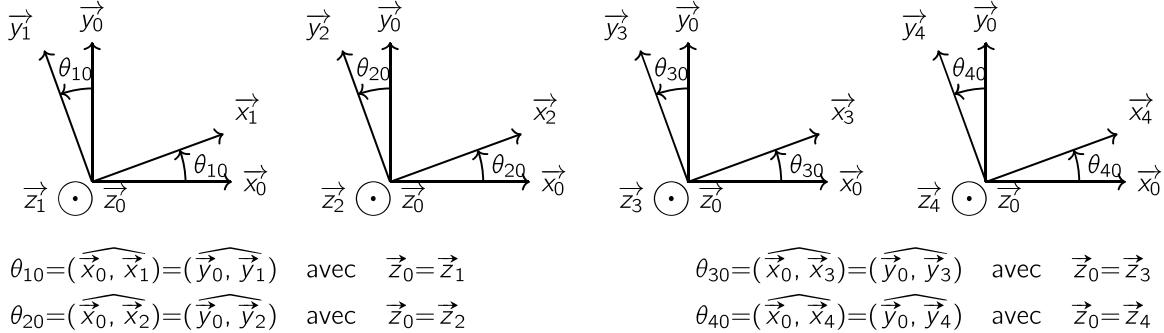
**Figure 16** – Schéma cinématique du Robot Delta avec simplification des bras secondaires  
 $(\{3a, 3b\} \rightarrow 3$  et  $\{4a, 4b\} \rightarrow 4)$

## A.3 Paramétrage du Robot Delta

### A.3.1 — Paramètres géométriques

$$\begin{aligned}
 \overrightarrow{OA_1} &= \overrightarrow{A_2O} = a \cdot \vec{x}_0 & \overrightarrow{OD} &= x(t) \cdot \vec{x}_0 + y(t) \cdot \vec{y}_0 & a &= 120 \text{ mm} \\
 \overrightarrow{A_1B_1} &= \overrightarrow{HG} = b \cdot \vec{x}_1 & \overrightarrow{A_2B_2} &= b \cdot \vec{x}_2 & b &= 220 \text{ mm} \\
 \overrightarrow{B_1C_1} &= \overrightarrow{FE} = c \cdot \vec{x}_3 & \overrightarrow{B_2C_2} &= c \cdot \vec{x}_4 & c &= 440 \text{ mm} \\
 \overrightarrow{C_2D} &= \overrightarrow{DC_1} = d \cdot \vec{x}_0 & & & d &= 60 \text{ mm} \\
 \overrightarrow{A_1H} &= \overrightarrow{B_1G} = x_0 \cdot \vec{x}_0 + y_0 \cdot \vec{y}_0 & & & x_0 &= 50 \text{ mm} \quad y_0 &= 87 \text{ mm} \\
 \overrightarrow{C_1E} &= \overrightarrow{B_1F} = -x_5 \cdot \vec{x}_0 + y_5 \cdot \vec{y}_0 & & & x_5 &= 33,3 \text{ mm} \quad y_5 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### A.3.2 — Paramètres angulaires



### A.3.3 — Références et paramètres d'inertie

| Élément | Repère associé   | Centre d'inertie   | Masse    | Matrice d'inertie  |
|---------|--|--|----------|--|
| 0       | $\mathcal{R}_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$   | -  | -        | -  |
| 1       | $\mathcal{R}_1 = (A_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ | $\overrightarrow{A_1 G_1} = a_g \cdot \vec{x}_1$                     | $m_p$    | $\mathbb{I}(A_1, 1) = \begin{bmatrix} A_p & 0 & -E_p \\ 0 & B_p & 0 \\ -E_p & 0 & C_p \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_1}$             |
| 2       | $\mathcal{R}_2 = (A_2, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ | $\overrightarrow{A_2 G_2} = a_g \cdot \vec{x}_2$                     | $m_p$    | $\mathbb{I}(A_2, 2) = \begin{bmatrix} A_p & 0 & -E_p \\ 0 & B_p & 0 \\ -E_p & 0 & C_p \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_2}$             |
| 3       | $\mathcal{R}_3 = (B_1, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ | -  | négligée | -  |
| 4       | $\mathcal{R}_4 = (B_2, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ | -  | négligée | -  |
| 5       | $\mathcal{R}_5 = (D, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$   | $\overrightarrow{D G_5} = x_g \cdot \vec{x}_0 + y_g \cdot \vec{y}_0$ | $m_5$    | $\mathbb{I}(G_5, 5) = \begin{bmatrix} A_5 & -F_5 & -E_5 \\ -F_5 & B_5 & -D_5 \\ -E_5 & -D_5 & C_5 \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_0}$ |
| 6       | $\mathcal{R}_6 = (F, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$   | -  | négligée | -  |

$$m_p = 2,8 \text{ kg} \quad \text{et} \quad C_p = 0,2 \text{ kg.m}^2$$

**Tableau 4** — références et paramètres d'inertie

On note  $\mathcal{B}_i$ , la base  $(\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$ . Le vecteur unitaire vertical ascendant est  $\vec{y}_0$ .

Le point  $D$  sert de référence pour le positionnement de la charge.

Chacun des deux bras principaux est mu par un moteur lié au bras via un réducteur dont le coefficient de réduction  $r = 5$  et l'inertie, ramenée sur l'arbre moteur vaut  $J_r = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$ .

Les caractéristiques des moteurs sont données **Tableau 5** en **Annexe E.1**.

# ANNEXE B

## Pneumatique

### B.1 Fonctionnement d'un tube de Venturi

Le schéma de la **Figure 17** présente le principe de fonctionnement d'un tube de Venturi. Il permet de générer une aspiration s'il est alimenté en air comprimé (débit  $Q$  et pression en amont  $p_{am}$  supérieure à celle en aval  $p_{atm}$ , pression atmosphérique). C'est un canal possédant un rétrécissement et un orifice secondaire. Le rétrécissement permet l'augmentation de la vitesse des particules du fluide et la diminution de la pression (dépression  $\delta p$ ).

Sous l'effet de la dépression, une aspiration (débit  $q$ ) est générée par l'orifice secondaire. S'il n'y a pas d'alimentation en air comprimé  $p_{am} > p_{atm}$ , il n'y a pas d'aspiration.

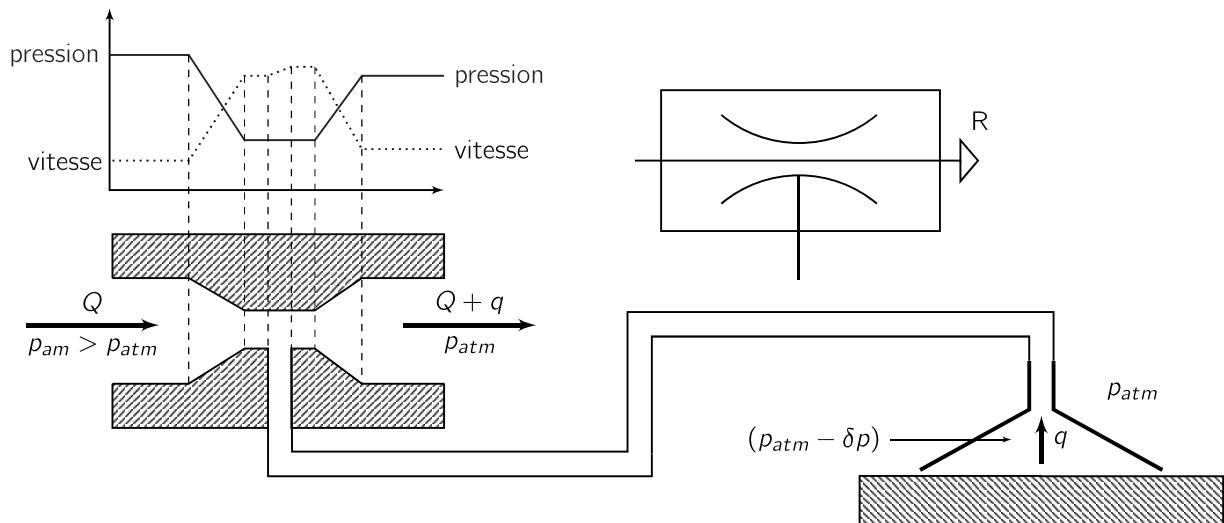


Figure 17 – Principe de fonctionnement d'un tube de Venturi

### B.2 Représentation normalisée des distributeurs

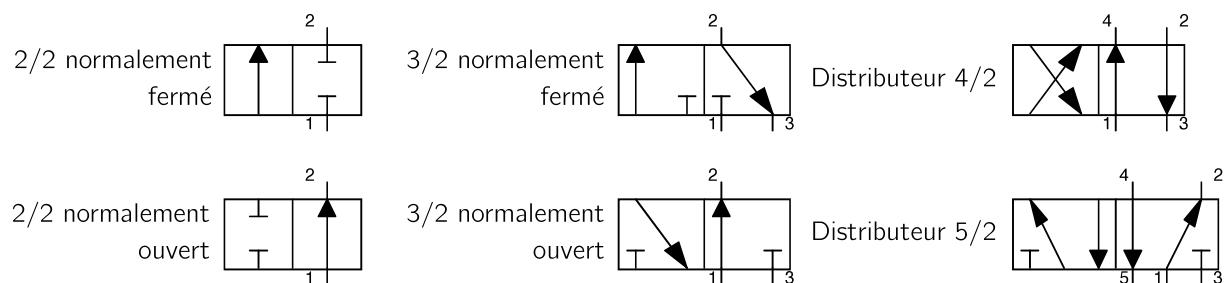


Figure 18 – Représentation des distributeurs

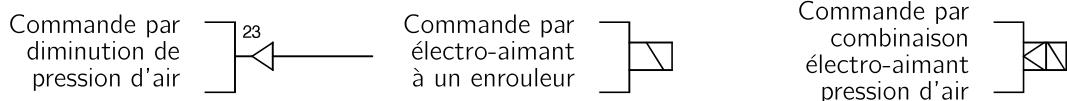
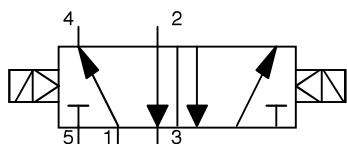
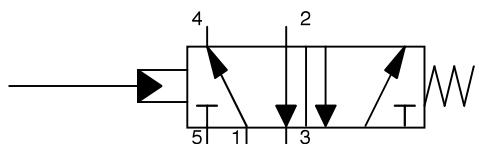


Figure 19 – Représentation des commandes des distributeurs

## B.3 Exemples de représentation



distributeur 5/2 à commande électropneumatique bistable



Distributeur 5/2 à commande hydraulique monostable

Figure 20 – Exemples de représentation de distributeurs

## ANNEXE

# C

## Logique séquentielle

### C.1 Désignations

| Positions prise Robot Delta                                    |     |
|--|-----|
| Position haute (position d'attente et de reconnaissance image) | PH  |
| Position basse emplacement 1                                   | PB1 |
| Position basse emplacement 2                                   | PB2 |
| Position basse emplacement 3                                   | PB3 |
| Position basse emplacement 4                                   | PB4 |

| Distributeur 3/2 bistable                                    |  |
|--|--|
| Électrovanne distributeur 3/2 pour aspiration prise cube EV+ |  |
| Électrovanne distributeur 3/2 pour libération prise cube EV- |  |

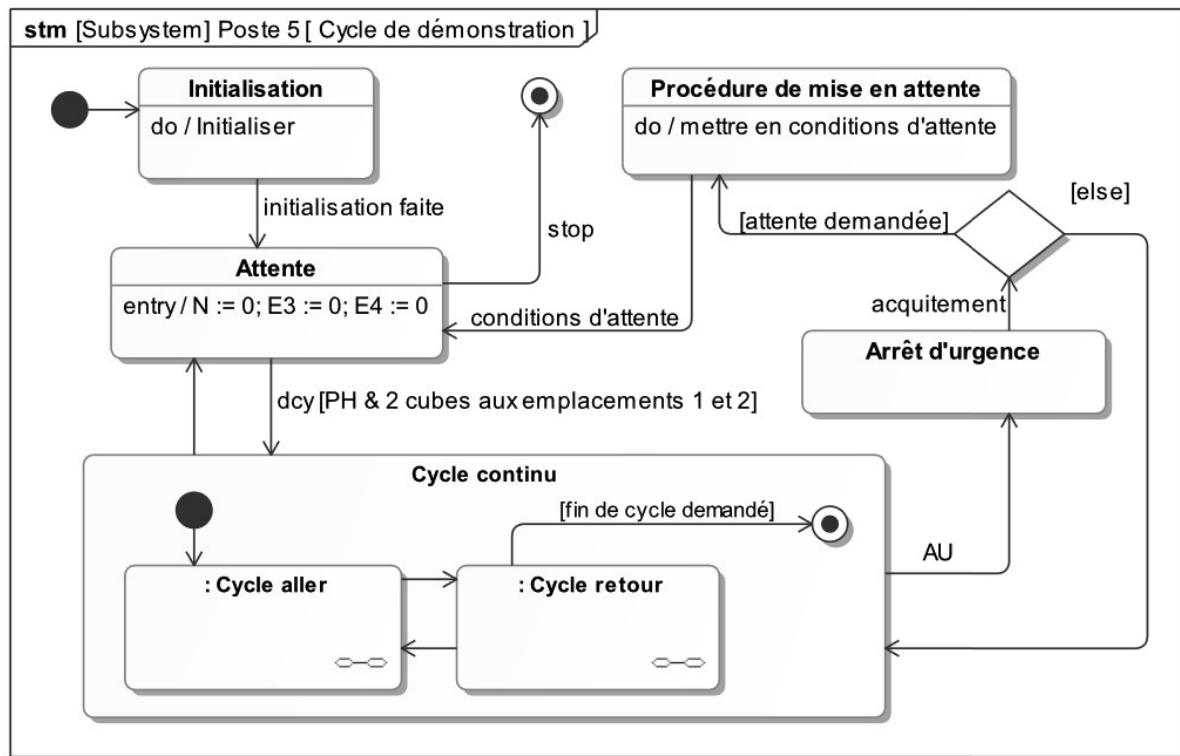
| Variable | Interprétation             | Valeurs   |
|----------|----------------------------|---|
| N        | Nombre de prises           | 0, 1 ou 2   |
| E3       | Emplacement 3 libre ou non | 0 ou 1  |
| E4       | Emplacement 4 libre ou non | 0 ou 1  |
| Image    | Image reconnue             | 0 (pas d'inscription sur la face du cube), A ou B |

### C.2 Images des cubes

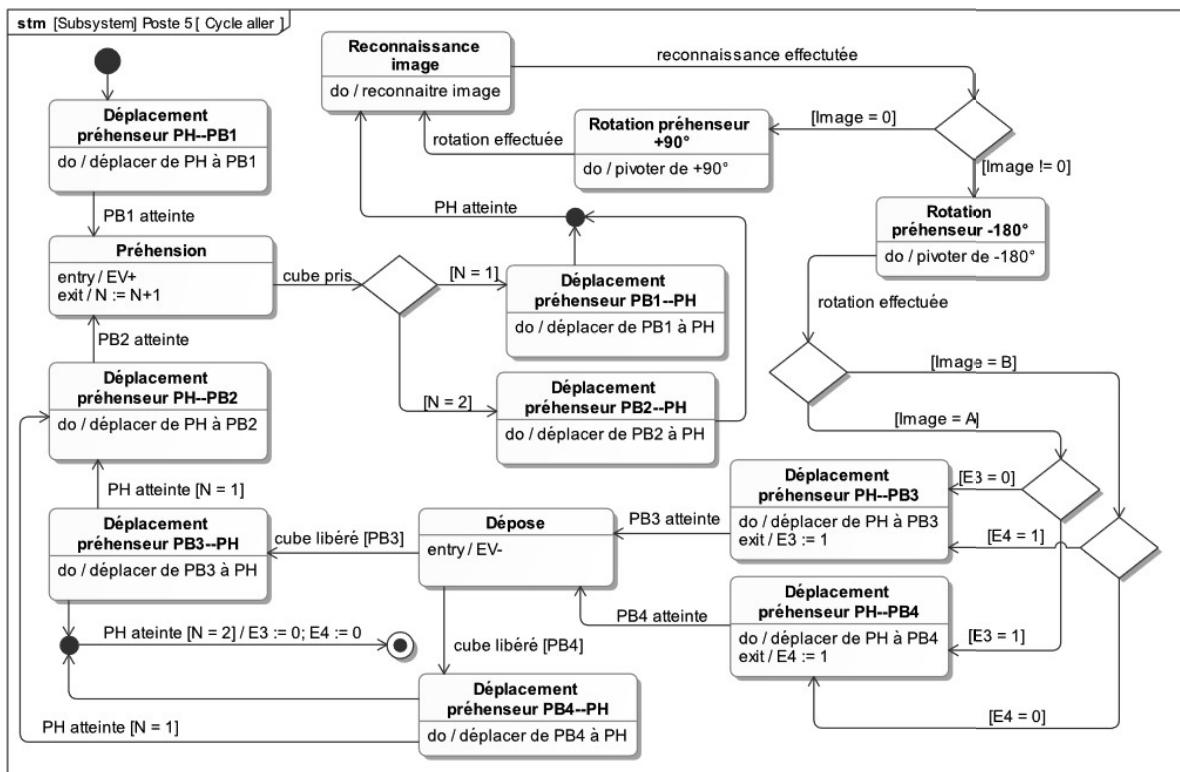
| Image = A | Image = B | Image = 0 |
|-----------|-----------|-----------|
|           |           |           |

Figure 21 – Définition des images A, B et 0

### C.3 Diagrammes d'états (stm)



**Figure 22** – diagramme d'états (stm) du cycle de démonstration



**Figure 23** – diagramme d'états (stm) du cycle aller

## Analyse géométrique du mécanisme à deux bras

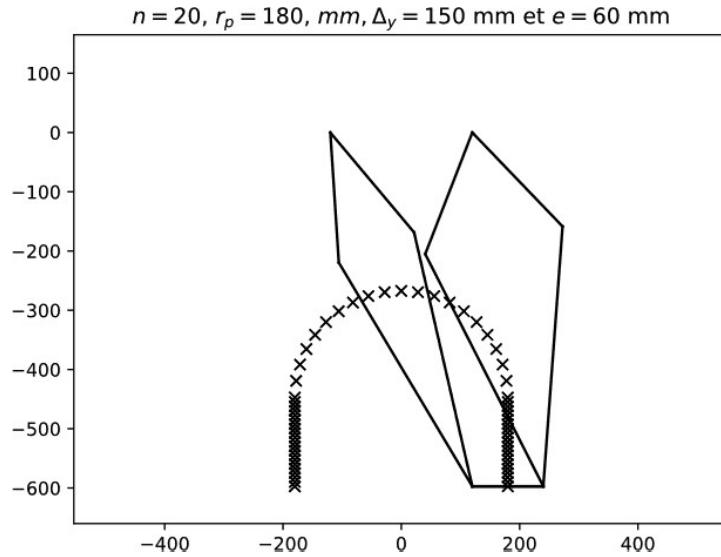


Figure 24 – Configurations du Robot Delta au point  $D_f$

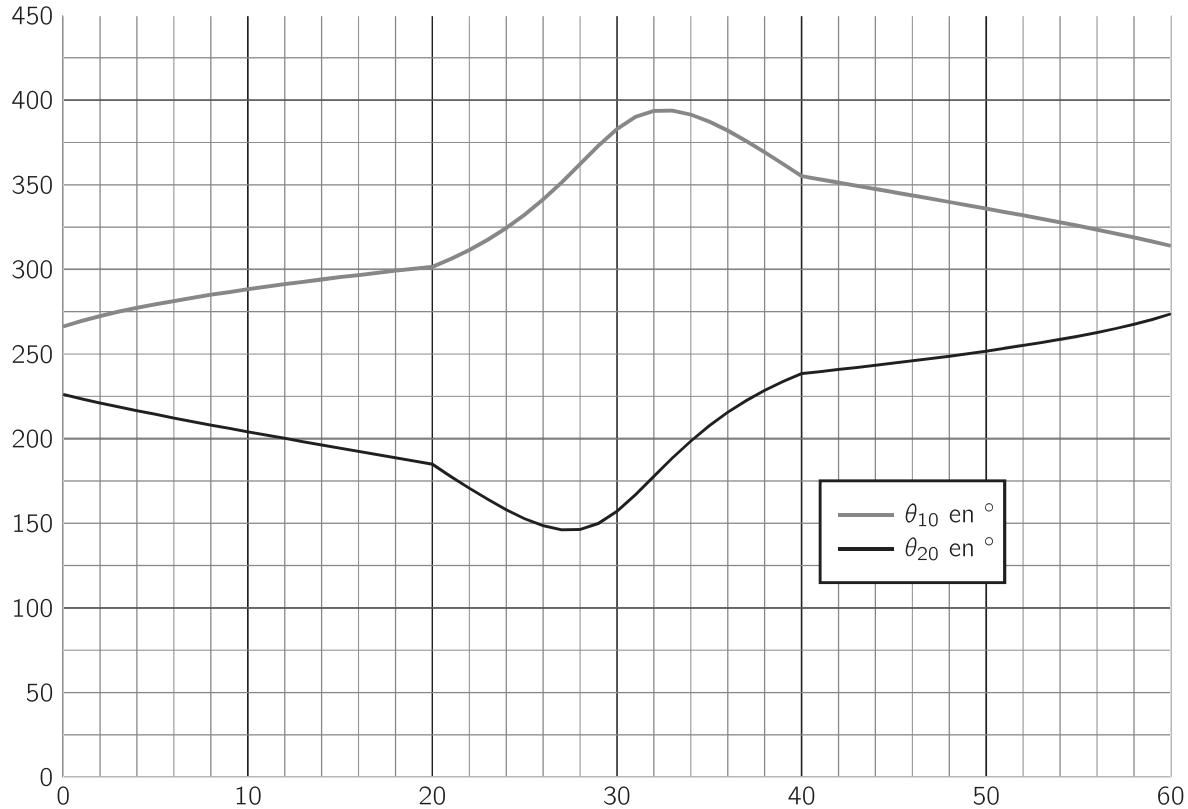


Figure 25 – Évolutions des angles  $\theta_{10}$  et  $\theta_{20}$  en fonction de  $k$ , lors du mouvement du point  $D$  de  $D_i$  à  $D_f$

# ANNEXE E

## Données moteurs

### E.1 Caractéristiques du servo-moteur SEW CM63S

| $n_N$          | $M_0$     | $I_0$   | $M_{pk}$  | $I_{max}$ | $M_{0VR}$ | $I_{0VR}$ | $m$      | $J_{mot}$     | $L_1$    | $R_1$        | $U_{p0}$<br>cold | $m_{bmot}$ | $J_{bmot}$    | $M_{B1}$  | $M_{B2}$  |
|----------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|----------|--------------|------------------|------------|---------------|-----------|-----------|
| [ $min^{-1}$ ] | [ $N.m$ ] | [ $A$ ] | [ $N.m$ ] | [ $A$ ]   | [ $N.m$ ] | [ $A$ ]   | [ $kg$ ] | [ $kg.cm^2$ ] | [ $mH$ ] | [ $\Omega$ ] | [ $V$ ]          | [ $kg$ ]   | [ $kg.cm^2$ ] | [ $N.m$ ] | [ $N.m$ ] |
| 3000           | 2.9       | 2.15    | 11.1      | 12.9      | 4         | 3         | 4.0      | 1.15          | 36.5     | 6.79         | 90               | 5.0        | 1.49          | 7         | 9.3       |

$n_N$  : Vitesse de rotation

$M_0$  : Couple à l'arrêt (couple thermique permanent à basse vitesse)

$I_0$  : Courant à l'arrêt

$M_{pk}$  : Couple limite maximum des servomoteurs

$I_{max}$  : Courant moteur maximal autorisé

$M_{0VR}$  : Couple à l'arrêt avec ventilation forcée

$I_{0VR}$  : Courant à l'arrêt avec ventilation forcée

$J_{mot}$  : Moment d'inertie de l'arbre moteur

$J_{bmot}$  : Moment d'inertie de l'arbre moteur avec le frein

$M_{B1}$  : Couple de freinage standard

$M_{B2}$  : Couple de freinage en option

$L_1$  : Inductivité entre la phase de connexion et le point neutre

$R_1$  : Résistance entre la phase de connexion et le point neutre

$U_{p0}$  froid : Tension interne à 1000 tr. $min^{-1}$

**Tableau 5** – Données constructeur des servo-moteur SEW CMP63S