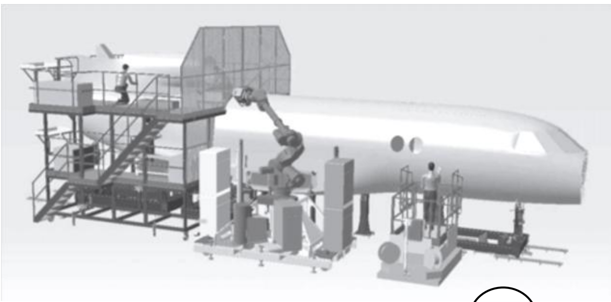
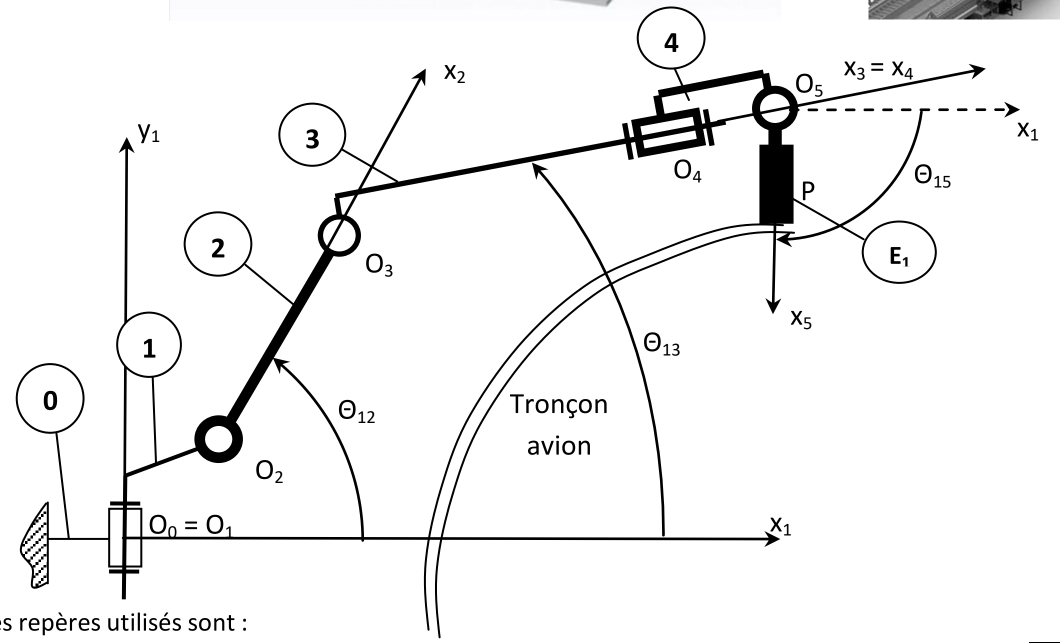
# Robot d’assemblage de structure aéronautique

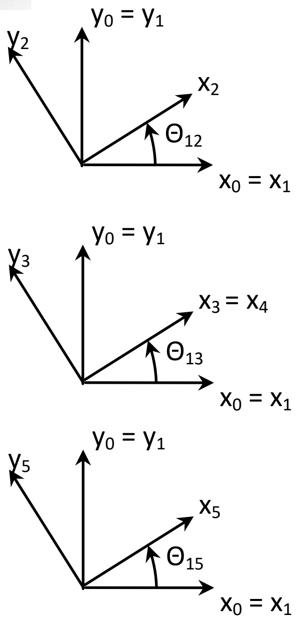
Les éléments de structure d’un avion sont assemblés entre eux par des éléments de fixation appelés rivets : c’est l’opération de rivetage. L’assemblage complet correspond à une succession d’opérations à répéter pour chacun des points de fixation :

- *mise en place des éléments à assembler ;*
- *perçage des éléments ;*
- *dépose d’un rivet ;*
- *pose d’une bague déformable ;*
- *serrage du rivet par déformation de la bague.*

Ces opérations devant être répétées un très grand nombre de fois (environ 300 heures d’opérations d’assemblage sur un avion) le gain de productivité apporté par la cellule est important.
De plus, l’utilisation d’un robot permet de diminuer le nombre d’opérations de montage / démontage des éléments à assembler (comparativement à un travail manuel) ce qui permet un gain de travail supplémentaire.






Les repères utilisés sont :

- $R_0(O_0,\vec{x}_0,\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})$ lié à l’embase fixe 0 , $\overrightarrow{y_0}$ étant l’axe vertical ascendant
- $R_1(O_1,\vec{x}_1,\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{z_1})$ lié à l’embase de rotation **1**
- $R_2(O_2,\vec{x}_2,\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$ lié au bras **2**
- $R_3(O_3,\vec{x}_3,\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3})$ lié au bras **3**
- $R_4(O_4,\vec{x}_4,\overrightarrow{y_4},\overrightarrow{z_4})$ lié à l’avant bras **4**
- $R_5(O_5,\vec{x}_5,\overrightarrow{y_5},\overrightarrow{z_5})$ lié à l’ensemble $E_1$ ( bras + poignet + outil )

$\overrightarrow{O_1O_2} = L_1.\overrightarrow{x_1} + L_2.\overrightarrow{y_1}$ ; $\overrightarrow{z_1} = \overrightarrow{z_2}$
$(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_2}) = (\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_2}) = \Theta_{12}$
$\overrightarrow{O_2O_3} = L_3.\overrightarrow{x_2}$ ; $\overrightarrow{z_1} = \overrightarrow{z_2}$
$(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_3}) = (\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_3}) = \Theta_{13}$
$\overrightarrow{O_3O_4} = L_4.\overrightarrow{x_3} + L_5.\overrightarrow{y_3}$ ; $\overrightarrow{x_3} = \overrightarrow{x_4}$
$(\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{y_4}) = (\overrightarrow{z_3},\overrightarrow{z_4}) = \Theta_{34}$
$\overrightarrow{O_4O_5} = L_6.\overrightarrow{x_3}$ ; $\overrightarrow{z_1} = \overrightarrow{z_5}$
$(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_5}) = (\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_5}) = \Theta_{15}$

$M_2$ : masse du bras (2) , centre de gravité tel que : $\overrightarrow{O_2G_2} = \frac{L_3}{2}.\overrightarrow{x_2}$

$M_{34}$ : masse du bras (3) et du bras (4) , centre de gravité tel que : $\overrightarrow{O_3G_3} = \frac{L_4}{3}.\overrightarrow{x_3} + L_5.\overrightarrow{y_3}$

$M_{E1}$ : masse de l’ensemble $E_1$ , centre de gravité tel que : $\overrightarrow{O_5G_5} = L_7.\overrightarrow{x_5}$

L’extrémité de l’outil est définie par le point P tel que : $\overrightarrow{O_5P} = L_8.\overrightarrow{x_5}$

**L'objectif est de déterminer le couple articulaire $C_{12}$ à appliquer sur le bras 2 afin de garantir les efforts pour actionner les effecteurs ( maintien et perçage )**

Le torseur d'action mécanique lié au perçage sera noté : $\{\mathcal{T}_{(perçage\to E_1)}\} = {}_P\left\{\begin{matrix}\overrightarrow{R_{perçage\to E_1}} = -F.\overrightarrow{x_5}\\ \overrightarrow{M_{P_{perçage\to E_1}}} = \vec{0}\end{matrix}\right\}$

Pour un perçage optimal, il est nécessaire d'appliquer un effort presseur de maintien dont le torseur d'action mécanique sera noté : $\{\mathcal{T}_{(maintien\to E_1)}\} = {}_P\left\{\begin{matrix}\overrightarrow{R_{maintien\to E_1}} = -P.\overrightarrow{x_5}\\ \overrightarrow{M_{P_{maintien\to E_1}}} = \vec{0}\end{matrix}\right\}$

**$C_{12}$ est le moment du couple articulaire exercé par le moteur en $O_2$ sur le bras (2)**

**La rotation entre les solides (0) et (1) est supposée bloquée dans la suite du sujet**

<u>**Rappel :**</u> ***Le torseur $\{\tau_{(2\to 1)}\}$ associé à l'action mécanique exercée en A, par un solide 2 sur un solide 1 sera noté :***

$$\{\mathcal{T}_{(2\to1)}\} = {}_A\left\{\begin{matrix}\overrightarrow{R_{2\to1}}\\ \overrightarrow{M_{A_{2\to1}}}\end{matrix}\right\} = {}_A\left\{\begin{matrix}\overrightarrow{R_{2\to1}} = X_A.\vec{x} + Y_A.\vec{y} + Z_A.\vec{z}\\ \overrightarrow{M_{A_{2\to1}}} = L_A.\vec{x} + M_A.\vec{y} + N_A.\vec{z}\end{matrix}\right\} = {}_A\begin{Bmatrix}X_A & L_A\\ Y_A & M_A\\ Z_A & N_A\end{Bmatrix}$$

## Hypothèses

- *l'étude est réalisée pour une demi couture orbitale (couture supérieure) ;*
- *le repère $R_0(O_0, \vec{x}_0, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ sera supposé galiléen ;*
- *$\overrightarrow{y_0}$ est l'axe vertical ascendant et $\vec{g}$=- g. $\overrightarrow{y_0}$ avec g = 9.81 $m.s^{-2}$ ;*
- *toutes les liaisons sont supposées parfaites.*

<u>Questions</u>

1) Réaliser le graphe des liaisons du système en précisant le centre et l'axe principal des liaisons
2) Ecrire le torseur $\{\mathcal{T}_{O_1}\}$ de l'action de liaison en $O_1$
3) Ecrire le torseur $\{\mathcal{T}_{O_2}\}$ de l'action de liaison en $O_2$
4) Ecrire le torseur $\{\mathcal{T}_{O_3}\}$ de l'action de liaison en $O_3$
5) Ecrire le torseur $\{\mathcal{T}_{O_4}\}$ de l'action de liaison en $O_4$
6) Ecrire le torseur $\{\mathcal{T}_{O_5}\}$ de l'action de liaison en $O_5$
7) Ecrire le torseur du poids du bras 2 $\{\mathcal{T}_{(g\to bras\ 2)}\}$ en $G_2$ puis en $O_2$
8) Ecrire le torseur du poids du bras (3) et du bras (4) $\{\mathcal{T}_{(g\to bras\ 3\ et\ 4)}\}$ en $G_3$ et ensuite en $O_3$ , puis en $O_2$
9) Ecrire le torseur du poids de l'ensemble $E_1$ $\{\mathcal{T}_{(g\to E_1)}\}$ en $G_5$ et ensuite en $O_3$ , puis en $O_2$
10) Ecrire les torseurs $\{\mathcal{T}_{(perçage\to E_1)}\}$ et $\{\mathcal{T}_{(maintien\to E_1)}\}$ en $O_3$ , puis en $O_2$

La configuration correspondant à la position extrême correspond aux angles suivants : $\Theta_{12}$ = 60°; $\Theta_{13}$ = -4°; $\Theta_{15}$ = -90°;
**Dans la suite l'angle $\Theta_{13}$ sera considéré nul**

11) Quel est l'ensemble à isoler pour déterminer le couple **$C_{12}$ ?**
12) Réaliser le bilan des actions mécaniques appliquées à cet ensemble, écrire les équations issues de l'application du principe fondamental de la statique ( on écrira les projections sur les 3 axes du repère $R_0$ )
13) Déterminer l'expression littérale du couple **$C_{12}$** en fonction de g, F, P, $M_{34}$, $M_{E1}$, $L_3$, $L_4$, $L_5$, $L_6$, $L_7$, $\Theta_{15}$