



LYCÉE LA MARTINIÈRE MONPLAISIR LYON
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR
CLASSE PRÉPARATOIRE M.P.S.I.
ANNÉE 2019 - 2020

C1 : PERFORMANCES STATIQUES ET CINÉMATIQUES DES SYSTÈMES COMPOSÉS DE CHAÎNE DE SOLIDES

TD 8 - Introduction à la modélisation des systèmes mécaniques (C4-1)

26 Novembre 2019

Compétences

- **Analyser**; Caractériser des écarts : Grandeurs utilisées : unités du système international; homogénéité des grandeurs
- **Modéliser**; Proposer un modèle de connaissance et de comportement : Solide indéformable : définition; référentiel, repère; équivalence solide/référentiel; degrés de liberté; vecteur-vitesse angulaire de deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre

1 Assemblage du fuselage d'un falcon à l'aide d'un robot 6 axes ABB

a) Présentation

La structure d'un avion est composée de plusieurs éléments devant être assemblés entre eux pour donner la structure finale de l'appareil (figure 1).

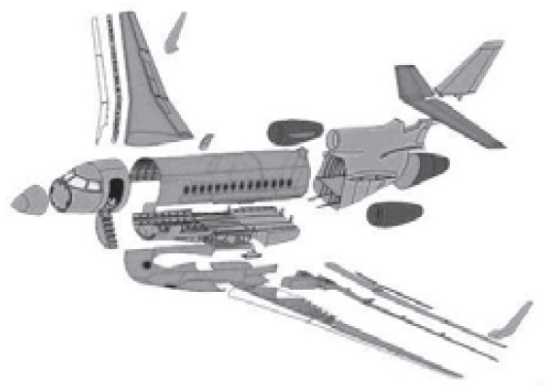


FIGURE 1 – FALCON 7X et vue éclatée des différents sous-ensembles d'un FALCON 7X

On étudie ici l'utilisation d'un robot 6 axes permettant de réaliser les opérations d'assemblage entre les éléments (tronçon 1 et 2) du fuselage de l'avion par rivetage (figure 2).

L'implantation d'un robot est considérée comme optimale lorsque la totalité des points visés est accessible : l'extrémité du robot doit atteindre le point de fixation de la demi-couture des tronçons. Dans le cas de l'étude, le robot doit réaliser une couture orbitale entre deux tronçons et éviter les collisions éventuelles (figure 4).

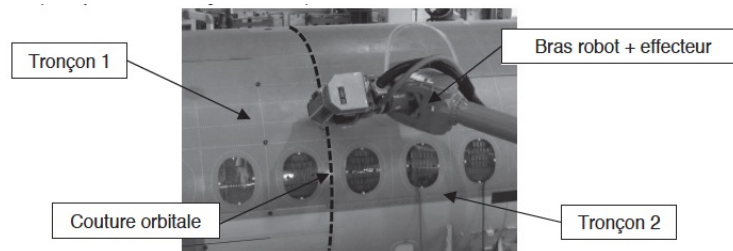


FIGURE 2 – structure de Falcon 7X en cours d'assemblage par la cellule

b) Repérage et paramétrage du bras articulé

- On attache à l'**embase fixe du robot** 0 le repère $R_0 (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. \vec{y}_0 est l'axe vertical ascendant.
 - L'**embase de rotation** 1 est en liaison pivot (une seule rotation) autour de l'axe $(O_0, \vec{y}_{0,1})$ par rapport au corps du robot 0. On attache au solide 1 le repère $R_1 (O_0, \vec{x}_1, \vec{y}_{0,1}, \vec{z}_1)$. On pose $\theta_{10} = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$. On supposera ici $\theta_{10} = 0$.
 - Le **bras** 2 est en liaison pivot d'axe (O_2, \vec{z}_2) avec le solide 1. On attache au solide 2 le repère $R_2 (O_2, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_{2,1})$. On pose $\vec{O_0O_2} = L_1 \cdot \vec{x}_1 + L_2 \cdot \vec{y}_1$ et $\theta_{21} = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$.
 - Le **bras** 3 est en liaison pivot d'axe (O_3, \vec{z}_3) avec le bras 2. On attache au solide 3 le repère $R_3 (O_3, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_{3,2,1})$. On pose $\vec{O_2O_3} = L_3 \cdot \vec{x}_2$ et $\theta_{31} = (\vec{x}_1, \vec{x}_3) = (\vec{y}_1, \vec{y}_3)$.
 - Le **bras** 4 est en liaison pivot d'axe (O_4, \vec{x}_4) avec le bras 3. On attache au solide 4 le repère $R_4 (O_4, \vec{x}_{3,4}, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$. On pose $\vec{O_3O_4} = L_4 \cdot \vec{x}_3 + L_5 \cdot \vec{y}_3$ et $\theta_{43} = (\vec{z}_3, \vec{z}_4) = (\vec{y}_3, \vec{y}_4)$.
 - L'**ensemble (E1)** composé du bras (5), du poignet et de l'outil, en liaison pivot d'axe (O_5, \vec{z}_5) par rapport au bras (4), a pour repère associé le repère $R_5 (O_5, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_{1,2,3,5})$ tel que $\vec{O_4O_5} = L_6 \cdot \vec{x}_3$ et $\theta_{51} = (\vec{x}_1, \vec{x}_5) = (\vec{y}_1, \vec{y}_5)$.
 - L'extrémité de l'outil est définie par le point P défini par : $\vec{O_5P} = L_8 \cdot \vec{x}_5$.
- La rotation entre les solides (0) et (1) est supposée bloquée dans tout le sujet.

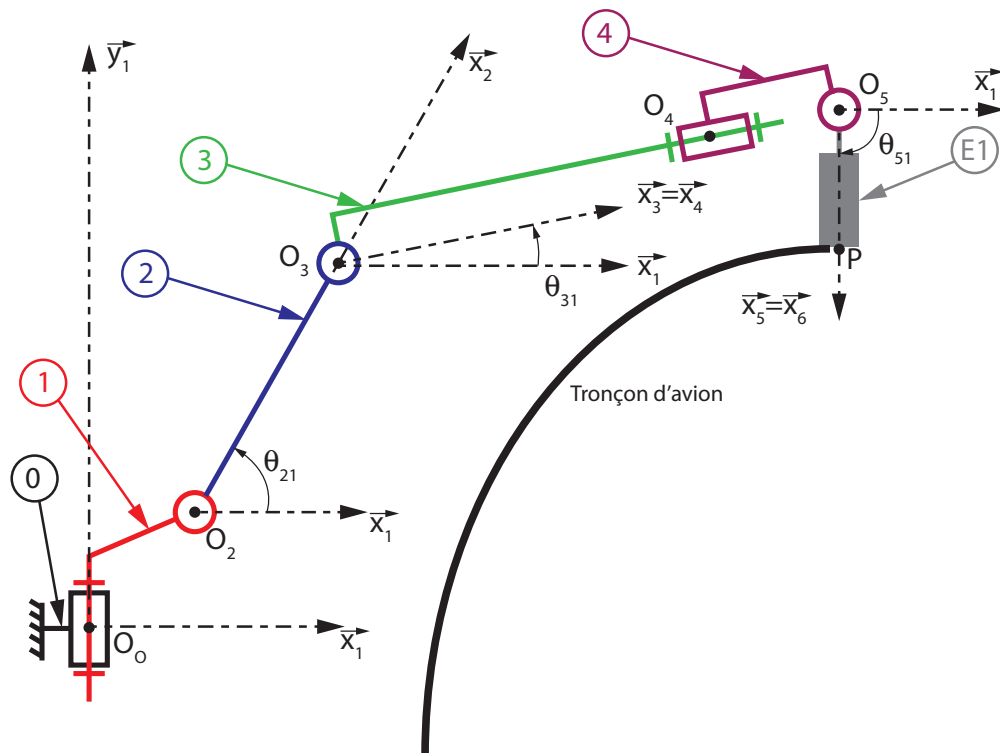


FIGURE 3 – Schéma cinématique du robot

c) Modélisation

Q 1 : Donner les figures planes de projection permettant de traduire toutes les rotations du mécanisme.

Q 2 : Déterminer le vecteur $\overrightarrow{O_0P}$.

Q 3 : Déterminer la projection du vecteur $\overrightarrow{O_0P}$ selon les vecteurs \vec{x}_1 et \vec{y}_1 .

Les deux positions extrêmes du robot (figure 4) sont définies dans le tableau ci-dessous :

Paramètres angulaire	Angles en position extrême 1	Angle en position extrême 2
θ_{10}	0°	0°
θ_{21}	58°	-58°
θ_{31}	25°	-35°
θ_{43}	0°	0°
θ_{51}	-90°	$+90^\circ$

Paramètres	Valeur en m
L_1	$0,405m$
L_2	$0,433m$
L_3	$1,075m$
L_4	$1,762m$
L_5	$0,165m$
L_6	$0,25m$
L_8	$0,75m$
R	$1,17m$
h	$0,3m$
L	$2,7m$

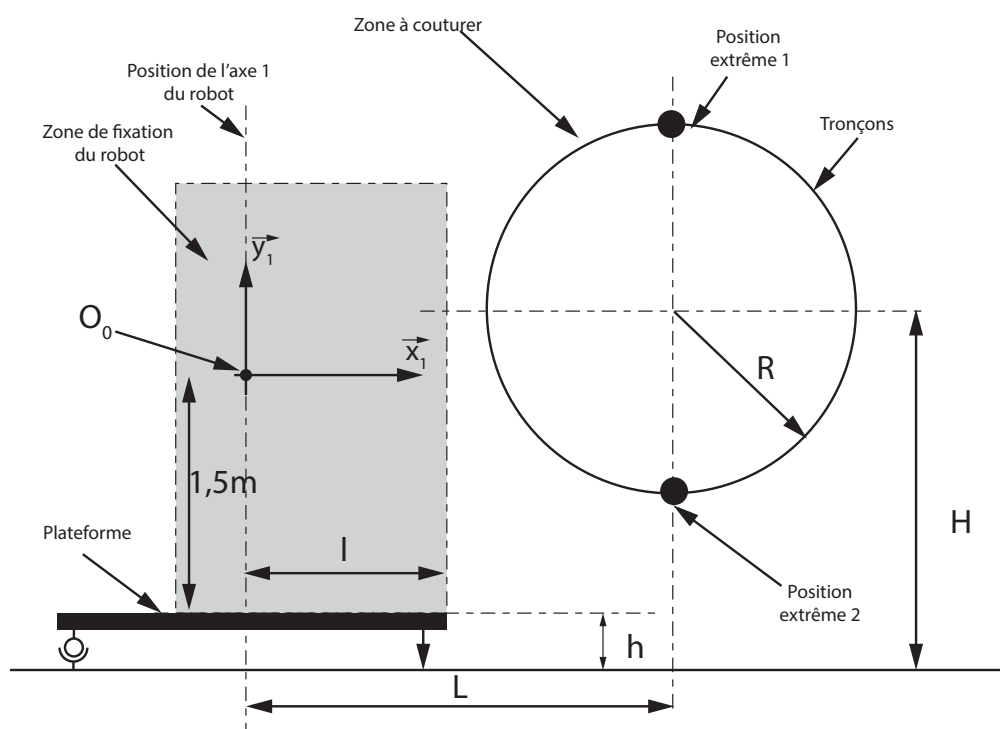


FIGURE 4 – Schéma d'implantation du robot

Q 4 : Donner les valeurs numériques des projections du vecteur $\overrightarrow{O_0P}$ selon les vecteurs \vec{x}_1 et \vec{y}_1 pour les deux positions extrêmes 1 et 2.

Q 5 : Vérifier que le robot peut bien atteindre les deux positions extrêmes souhaitées.

Q 6 : Déterminer la hauteur H de positionnement du centre du fuselage par rapport au sol. Vérifier que le fuselage ne touche pas le sol.

Q 7 : Représenter schématiquement sur la figure 4 le robot dans ses deux configurations extrêmes.

2 Calculs vectoriels

Soient $R_1 = (O_1, \vec{i}_1, \vec{j}_1, \vec{k}_1)$, $R_2 = (O_2, \vec{i}_2, \vec{j}_2, \vec{k}_2)$ et $R_3 = (O_3, \vec{i}_3, \vec{j}_3, \vec{k}_3)$ avec $\vec{i}_m, \vec{j}_m, \vec{k}_m$ des vecteurs unitaire formant les bases orthonormées R_m .

On passe de R_1 à R_2 par un rotation α autour de \vec{i}_1 .

On passe de R_2 à R_3 par un rotation θ autour de \vec{j}_2 .

Q 8 : Faire les figures de changement de base.

Q 9 : Donner les composantes des vecteurs \vec{i}_3 et \vec{j}_3 dans R_1 .

Q 10 : Donner le résultat des opérations suivantes :

$$\vec{k}_1 \cdot \vec{i}_2, \quad \vec{j}_3 \cdot \vec{k}_1, \quad \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_3, \quad \vec{k}_1 \wedge \vec{i}_2, \quad \vec{j}_3 \wedge \vec{k}_1, \quad \vec{i}_1 \wedge \vec{i}_3.$$

On définit les vecteurs :

$$\vec{V}_1 = a \vec{i}_1 + b \vec{k}_1$$

$$\vec{V}_2 = c \vec{i}_3$$

$$\vec{V}_3 = d \vec{i}_3 + e \vec{j}_3.$$

Q 11 : Donner l'expression de la projection du vecteur $\vec{W} = \vec{V}_1 \wedge \vec{V}_2$ sur \vec{i}_1 .

Q 12 : Calculer le produit mixte $(\vec{V}_1 \wedge \vec{V}_2) \cdot \vec{V}_3$

.