

Séquence 5

Modéliser cinématiquement un ensemble mécanique Liaisons équivalentes

Mise en bouche

- 1) On considère deux liaisons en série. Rappeler la relation vérifiée par les torseurs cinématiques des deux liaisons $\{\mathcal{V}_{2/1}^{l,1}\}$ et $\{\mathcal{V}_{1/0}^{l,2}\}$ et de la liaison équivalente $\{\mathcal{V}_{2/0}^{l,éq}\}$.
- 2) On considère deux liaisons en parallèle. Rappeler la relation vérifiée par les torseurs cinématiques des deux liaisons $\{\mathcal{V}_{2/1}^{l,1}\}$ et $\{\mathcal{V}_{2/1}^{l,2}\}$ et de la liaison équivalente $\{\mathcal{V}_{2/1}^{l,éq}\}$.

Entrée

Exercice 1 : Détermination de liaisons équivalentes en série

Question 1 Pour chacun des schémas cinématiques suivants, réaliser un graphe des liaisons.

Question 2 Écrire les torseurs cinématiques des liaisons entre 2 et 1 et entre 1 et 0 au point O et dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

Question 3 En déduire le torseur cinématique de la liaison équivalente au point O et dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

Question 4 En déduire la liaison équivalente entre les solides 2 et 0 et en préciser les caractéristiques géométriques. Proposer finalement le schéma cinématique équivalent.

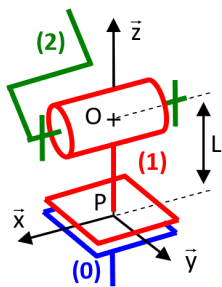


Schéma cinématique 1

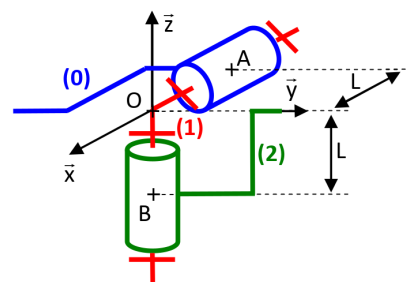


Schéma cinématique 2

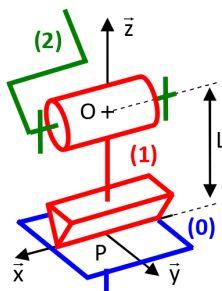


Schéma cinématique 3

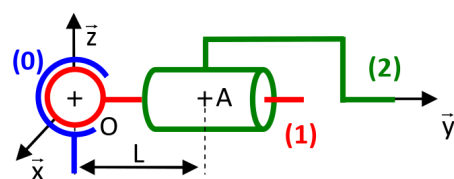


Schéma cinématique 4

Exercice 2 : Détermination de liaisons équivalentes en parallèle

Question 1 Pour chacun des schémas cinématiques suivants (sauf le premier), proposer une paramétrage permettant de décrire les caractéristiques géométriques des liaisons.

Question 2 Réaliser un graphe des liaisons pour chaque schéma cinématique.

Question 3 Écrire les torseurs cinématiques des liaisons entre les deux solides.

Question 4 En déduire le torseur cinématique de la liaison équivalente.

Question 5 En déduire la liaison équivalente entre les deux solides et en préciser les caractéristiques géométriques. Proposer finalement le graphe des liaisons cinématiquement équivalent.

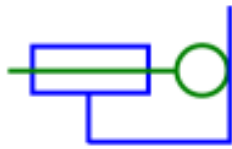


Schéma cinématique 1

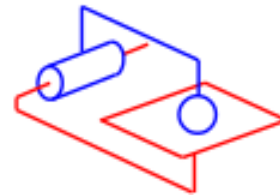


Schéma cinématique 2

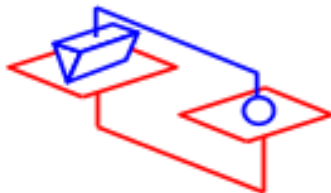


Schéma cinématique 3

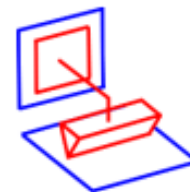


Schéma cinématique 4

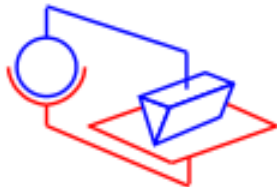


Schéma cinématique 5

Plat

Exercice 1 : Cellule d'assemblage pour avion Falcon

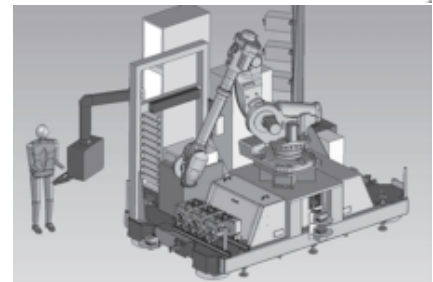
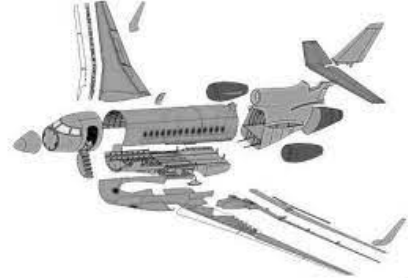
Une des étapes importantes de la réalisation d'un avion est l'assemblage de sa structure, qui est composée de nombreux éléments.

La cellule d'assemblage de cette étude permet d'assister les opérateurs dans la réalisation des tâches d'assemblage.

La cellule d'assemblage (figure ci-contre, en bas) est un système permettant de réaliser, en collaboration avec l'opérateur, tout un ensemble d'opérations d'assemblage.

La cellule est composée de plusieurs sous-ensembles fonctionnels :

- un pupitre de commande permettant de piloter et paramétrer la cellule, ce pupitre peut être déporté grâce à une télécommande ce qui permet le pilotage à distance;
- une plateforme permettant d'assurer la liaison au bâti et le positionnement des autres sous-ensembles;
- un robot six axes de marque ABB équipé d'un effecteur, cet effecteur intègre les outils nécessaires à l'assemblage;
- un magasin de stockage des rivets;
- une unité d'aspiration des copeaux.



La plateforme réalise l'interface entre le robot et le hall de production. Chaque plateforme est composée :

- d'une partie supérieure qui permet de fixer le robot et les accessoires associés à la plateforme;
- d'une partie inférieure qui permet de lier la plateforme (1) au sol du hall (0).

Le positionnement de la plateforme au sol du hall (cf. figure 1) est réalisé par trois liaisons.

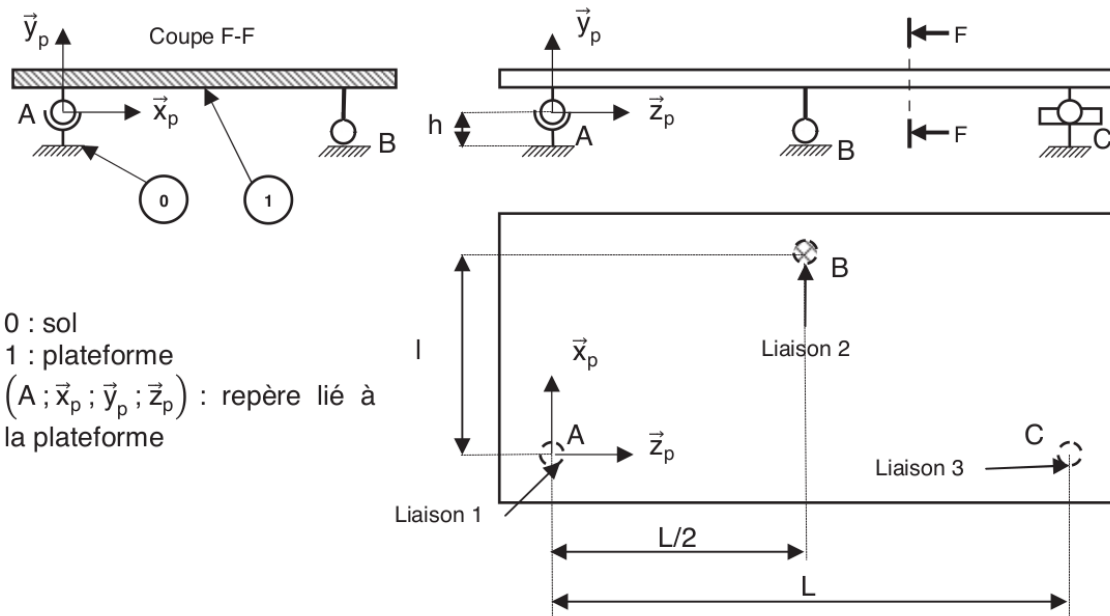


FIGURE 1

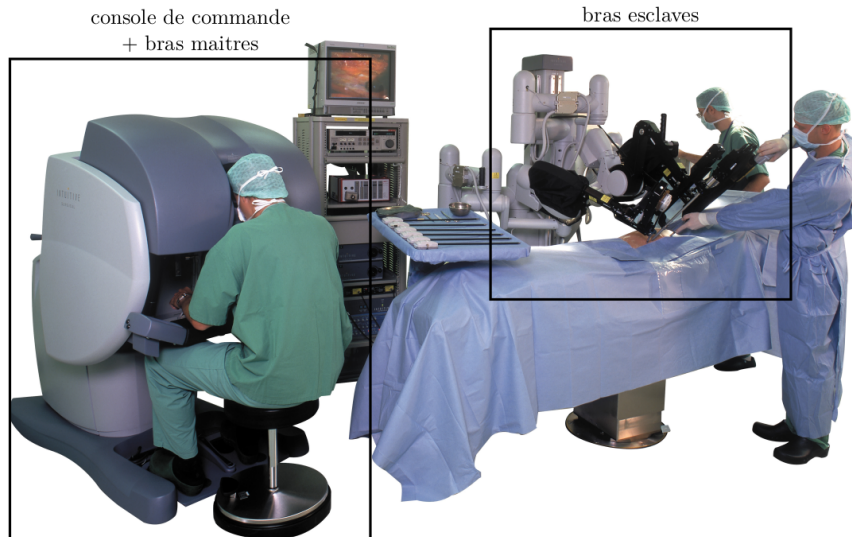
Question 1 Tracer le graphe des liaisons entre le sol (0) et la plateforme (1).

Question 2 Nommer et caractériser les liaisons entre le sol (0) et la plateforme (1).

Question 3 Donner le nom de la liaison équivalente entre le sol (0) et la plateforme (1). Justifier la réponse.

Exercice 2 : Étude de l'architecture d'un robot chirurgical

Afin d'améliorer les conditions d'opérations chirurgicales dites mini invasives (comme la précision d'opération et le confort du chirurgien), des robots chirurgicaux ont vu le jour. Cette étude s'intéresse à l'un d'entre eux : le robot Da Vinci. Le chirurgien peut atteindre sa cible grâce à des outils longs et fins traversant le patient grâce à une incision de l'ordre du centimètre.



Les consignes générées par le bras maître, après traitement, sont utilisées pour le système d'asservissement lié aux bras esclaves. Les 3 bras esclaves, de même structure, permettent de mouvoir les outils chirurgicaux. Ces derniers passent à travers le patient grâce à de fines incisions. L'interface entre l'outil chirurgical et le patient au niveau de l'incision est assurée par un trocart qui est une pièce tubulaire servant d'interface entre le corps du patient et l'outil. La figure 1 schématise partiellement le bras esclave et une coupe transversale du patient. L'extrémité de l'outil chirurgical n'est pas représentée. Le point P' représente un point de référence au niveau de l'extrémité de l'outil et le point T est le centre de l'incision où l'outil rentre dans le corps du patient via un trocart. Les actionneurs et les systèmes d'entraînement utiles à la mise en mouvement ne sont pas représentés pour plus de lisibilité. Le point T appartient à l'axe (A', \vec{x}_0) de la liaison entre $1'$ et 0 . Le solide $7'$ représente le corps d'outil.

Le point T est situé à l'intersection des axes (A', \vec{x}_0) et (P', \vec{y}'_2) . Le vecteur vitesse du point T de $7'$ par rapport à 0 , noté $\vec{V}_{T,7'/0}$, doit être colinéaire à \vec{y}'_2 .

Paramétrage et hypothèses

Solide	Caractéristiques	Situation géométrique/commentaires
$1'$	$\overline{A'B'} = -h_1 \vec{x}_0$	repère attaché : $R'_1(A', \vec{x}_0, \vec{y}'_1, \vec{z}'_1)$ paramètres d'orientation : $\varphi(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}'_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}'_1)$
$2'$		repère attaché : $R'_2(A', \vec{x}_2', \vec{y}'_2, \vec{z}'_1)$ paramètres d'orientation : $\delta(t) = (\vec{x}_1', \vec{x}_2') = (\vec{y}'_1, \vec{y}'_2)$
$3'$	$\overline{B'D'} = h_2 \vec{y}'_2$	
$4'$	$\overline{D'G'} = -h_4 \vec{x}_0$	
$7'$	$\overline{H'P'} = -l_0 \vec{y}'_2$ $\overline{G'P'} = -\lambda(t) \vec{y}'_2$	repère attaché : $R'_7(H', \vec{x}_7', \vec{y}'_2, \vec{z}'_7)$ paramètres d'orientation : $\gamma(t) = (\vec{x}_2', \vec{x}_7') = (\vec{z}'_2, \vec{z}'_7)$

$$\overline{F'E'} = \overline{G'C'} ; \overline{F'G'} = \overline{E'C'} ; \overline{D'B'} = \overline{C'A'} ; \overline{D'C'} = \overline{B'A'}$$

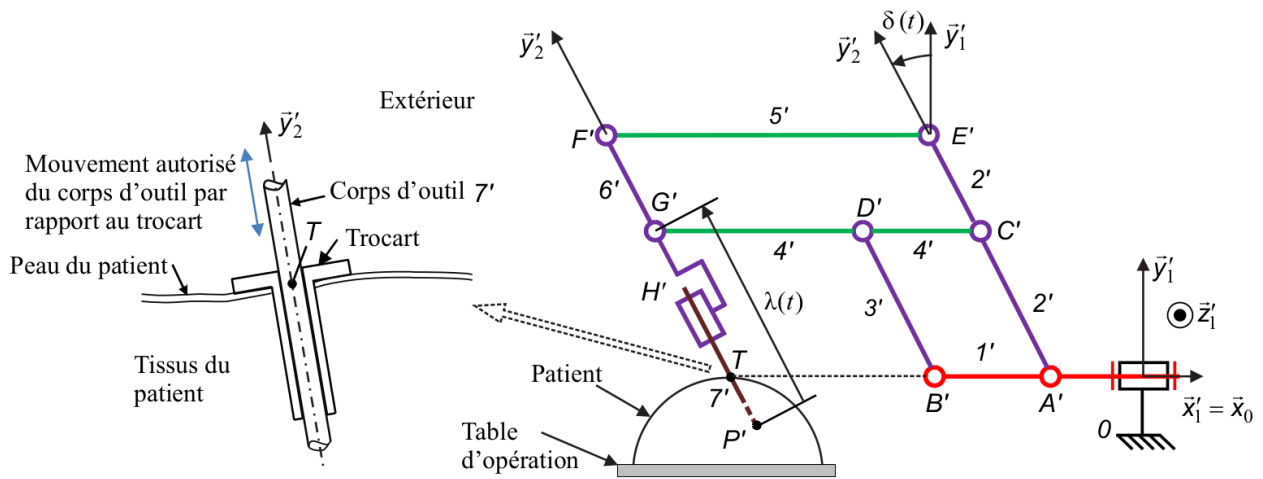


FIGURE 1

Question 1 Justifier que $\overrightarrow{D'C'} = \overrightarrow{B'A'}$ et $\overrightarrow{D'B'} = \overrightarrow{C'A'}$.

Question 2 En s'appuyant sur la figure 1, exprimer $\overrightarrow{V}_{T,7'/0}$ dans la base $(\vec{x}'_2, \vec{y}'_2, \vec{z}'_2)$ en fonction des données de l'énoncé. Il est conseillé d'utiliser la relation de Varignon en passant par le point P' et de calculer $\overrightarrow{V}_{P',7'/0}$ par dérivation du vecteur position, ce que l'on justifiera.

Question 3 Exprimer le torseur cinématique de $7'/0$ réduit en T , par ses composantes dans la base $(\vec{x}'_2, \vec{y}'_2, \vec{z}'_2)$ et donner la liaison équivalente entre $7'$ et 0 au point T .

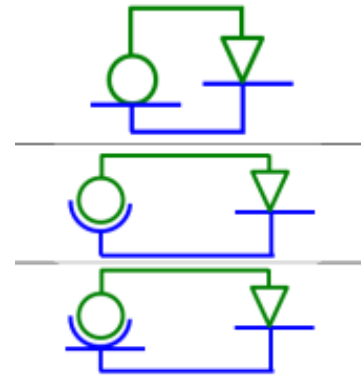
Dessert

Exercice 1 : Comparaison de liaisons équivalentes

Question 1 Proposer un paramétrage pertinent pour chacun des ensembles.

Question 2 Réaliser un graphe des liaisons pour chacun des ensembles.

Question 3 Déterminer la liaison équivalente à chacun de ces ensembles.



Exercice 2 : Détermination d'une liaison équivalente originale

Question 1 Réaliser un graphe des liaisons.

Question 2 Écrire les torseurs cinématiques en B .

Question 3 Écrire le torseur cinématique équivalent de 2 par rapport à 0.

Question 4 Analyser les caractéristiques géométriques de la liaison équivalente.

Question 5 La liaison équivalente correspond-elle à une liaison normalisée?

