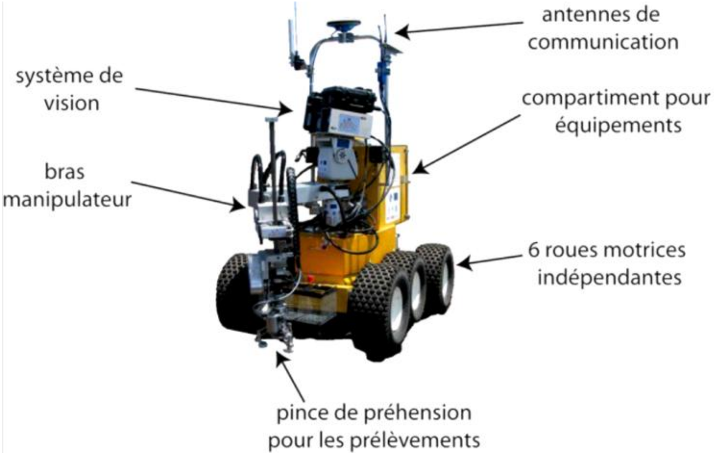
Robot d'exploration volcanique

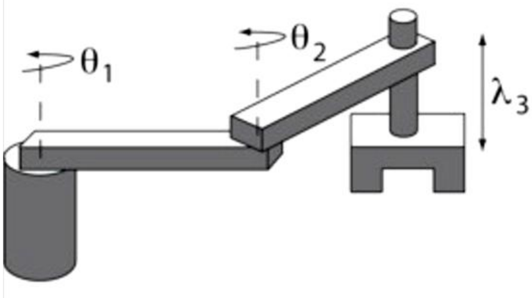


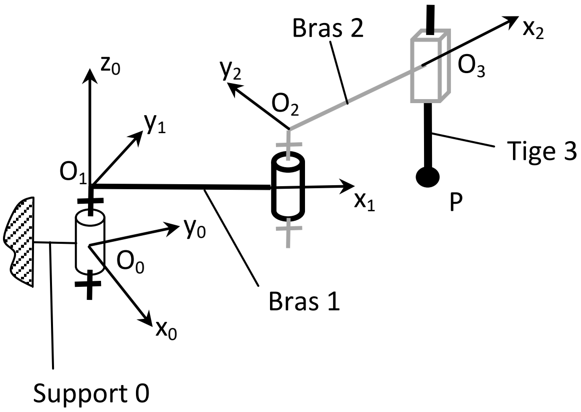
Étude du bras manipulateur

Le package scientifique équipant ROBOVOLC est formé d'un bras manipulateur et d'une pince servant d'effecteur pour collecter des échantillons rocheux et poser/prendre des instruments sur le sol. Ces organes sont pilotés par des moteurs à courant continu contrôlés par des modules électroniques.
Le système est en outre constitué d'un système d'échantillonnage des gaz (avec sonde) qui ne sera pas étudié ici.
L'objectif de cette partie est de vérifier les efforts et de vérifier leur compatibilité avec le critère suivant du cahier des charges :
Extrait du cahier des charges : masse maximale des objets à saisir 2,5 kg

Modélisation du système

Le bras manipulateur est de type SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) ; c'est un système mécanique poly-articulé avec trois axes parallèles et une architecture en série (Figure ci-dessous). Il présente plusieurs avantages, notamment sa précision, sa rapidité, et sa très grande rigidité verticale.
L'ensemble est constitué de trois pièces assimilées à des solides indéformables :
- *le bras 1, de masse* m_1 *,animé par un moteur en rotation en* O_1 *et auquel on associe un repère* $(O_1, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$;
- *le bras 2, de masse* m_2 *, animé par un moteur en rotation en* O_2 *et auquel on associe un repère* $(O_2, \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2})$;
- *la tige 3 animée par un moteur en translation et au bout de laquelle se situe la pince et éventuellement l'objet saisi. La* ***masse*** m_3 ***de ce sous-ensemble est supposée ponctuelle au point P*** *correspondant à la position de la pince.*



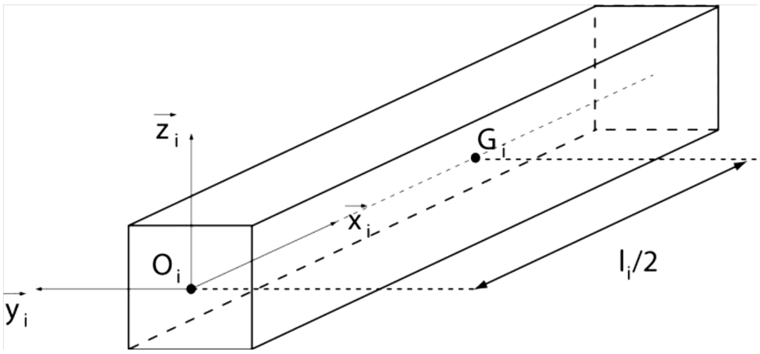


Dans cette étude, le châssis de ROBOVOLC constitue le bâti 0 auquel on associe un repère (fixe) $(O_0, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$.
On suppose par la suite que le sol est plan et horizontal ; la direction $\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{z_1} = \overrightarrow{z_2}$ correspond donc à la verticale.
On suppose également que le référentiel lié au bâti est galiléen.
L'accélération de la pesanteur est telle que : $\vec{g} = -g\,\overrightarrow{z_0}$
Le positionnement horizontal de la pince dans le plan $(O_0, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0})$ est obtenu par deux rotations indépendantes :
- celle du bras 1 en liaison pivot d'axe $(O_1, \overrightarrow{z_0})$ par rapport au bâti 0, on note $\theta_1 = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1})$ l'angle correspondant ;
- celle du bras 2 en liaison pivot d'axe $(O_2, \overrightarrow{z_0})$ par rapport au bras 1, on note $\theta_2 = (\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{x_2})$l'angle correspondant.

Le positionnement vertical de la pince est quant à lui obtenu par une liaison glissière de direction $\overrightarrow{z_0}$ entre la tige 3 et le bras 2.
Toutes les liaisons sont supposées parfaites.
On note : $\overrightarrow{\boldsymbol{O_0O_1}} = \boldsymbol{d_1\overrightarrow{z_0}}$; $\overrightarrow{\boldsymbol{O_1O_2}} = \boldsymbol{L_1\overrightarrow{x_1} + d_2\overrightarrow{z_0}}$; $\overrightarrow{\boldsymbol{O_2P}} = \boldsymbol{L_2\overrightarrow{x_2} - \lambda_3\overrightarrow{z_0}}$;
G_1 : centre de gravité du bras 1 avec : $\overrightarrow{\boldsymbol{O_1G_1}} = \boldsymbol{\frac{L_1}{2}\overrightarrow{x_1}}$
G_2 : centre de gravité du bras 2 avec : $\overrightarrow{\boldsymbol{O_2G_2}} = \boldsymbol{\frac{L_2}{2}\overrightarrow{x_2}}$

Les 3 degrés de liberté du bras sont donc θ_1 , θ_2 et λ_3 .
Le débattement permis pour les deux liaisons pivot est $\pm$ 150° (limitation par des butées).
On donne de plus :
d_1 =500 mm, d_2 =30 mm, L_1 =500 mm, L_2 =500 mm, m_1 =2 kg, m_2 =2 kg,
m_3 =6 kg (incluant un objet saisi de masse 2,5 kg).

Dans cette sous-partie, on construit un modèle dynamique du bras manipulateur.
On suppose que chaque bras *i* peut être modélisé géométriquement par un parallélépipède rectangle de génératrice $\vec{x}$ et à base carrée dans les directions $\vec{y}$ et $\vec{z}$ (voir figure ci-après).
On suppose de plus que le bras est homogène ; son centre de gravité G_i correspond donc au centre géométrique avec $\overrightarrow{O_iG_i} = \frac{l_i}{2}\overrightarrow{x_i}$



On donne l'écriture générale de la matrice d'inertie du bras *i* au point G_i :

$$I(i, G_i) = \begin{bmatrix} A_i & -F_i & -E_i \\ -F_i & B_i & -D_i \\ -E_i & -D_i & B_i \end{bmatrix}_{(\overrightarrow{x_i}, \overrightarrow{y_i}, \overrightarrow{z_i})}$$

1) A partir de l'expression générale précédente, préciser les thermes de la matrice d'inertie $I(i, G_i)$ du bras *i* qui sont nuls en le justifiant (en prenant en compte sa modélisation géométrique).

2) Calculer les vitesses $\overrightarrow{V_{G_1 \in 1/0}}$, $\overrightarrow{V_{G_2 \in 2/0}}$ et accélérations $\overrightarrow{\Gamma_{G_1 \in 1/0}}$, $\overrightarrow{\Gamma_{G_2 \in 2/0}}$ des points G_1 et G_2 dans leur mouvement par rapport au bâti 0 en fonction des paramètres variables (θ_1, θ_2) et des dimensions constantes.

3) Calculer la vitesse $\overrightarrow{V_{P \in 3/0}}$ et l'accélération $\overrightarrow{\Gamma_{P \in 3/0}}$ dans leur mouvement par rapport au bâti 0 en fonction des paramètres variables (θ_1, θ_2, λ_3) et des dimensions constantes.

On rappelle que la **masse m_3** du sous-ensemble (3) est supposée **ponctuelle au point *P***

4) Calculer le moment cinétique en O_2 des solides (2) et (3) par rapport à (0) $\overrightarrow{\boldsymbol{\sigma}_{O_2(2)/0}}$ et $\overrightarrow{\boldsymbol{\sigma}_{O_2(3)/0}}$

5) Calculer le moment dynamique en O_2 du solide (2) rapport à (0) $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_2(2)/0}}$ et $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_2(3)/0}}$

6) Calculer le moment dynamique en O_2 du solide (3) rapport à (0) en projection sur $\overrightarrow{z_0}$: $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_2(3)/0}} \cdot \overrightarrow{z_0}$

On cherche à déterminer l'expression du couple moteur τ_2 dans la liaison pivot d'axe $(O_2, \overrightarrow{z_0})$ en fonction de θ_1, θ_2, $\dot{\theta}_1$, $\dot{\theta}_2$, $\ddot{\theta}_1$, $\ddot{\theta}_2$ et des données du problème

7) Appliquer le théorème du moment dynamique à l'ensemble $\{2, 3\}$ puis établir l'expression du couple moteur τ_2 dans la liaison pivot d'axe $(O_2, \overrightarrow{z_0})$ en fonction de θ_1, θ_2, $\dot{\theta}_1$, $\dot{\theta}_2$, $\ddot{\theta}_1$, $\ddot{\theta}_2$ et des données du problème

8) Calculer le moment dynamique en O_1 des solides (1), (2) et (3) par rapport à (0) $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_1(1)/0}}$, $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_1(2)/0}}$ et $\overrightarrow{\boldsymbol{\delta}_{O_1(3)/0}}$

9) Appliquer le théorème du moment dynamique à l'ensemble $\{1, 2, 3\}$ puis établir l'expression du couple moteur τ_1 dans la liaison pivot d'axe $(O_1, \overrightarrow{z_0})$ en fonction de θ_1, θ_2, $\dot{\theta}_1$, $\dot{\theta}_2$, $\ddot{\theta}_1$, $\ddot{\theta}_2$ et des données du problème

On cherche à déterminer l'expression de $\ddot{\lambda}_3$ en fonction des actions qui sont appliquées à (3)

10) Isoler (3) , faire le bilan des actions qui lui sont appliquées puis appliquer le théorème de la résultante dynamique et établir l'équation donnant l'expression de $\ddot{\lambda}_3$ en fonction des actions qui sont appliquées à (3)