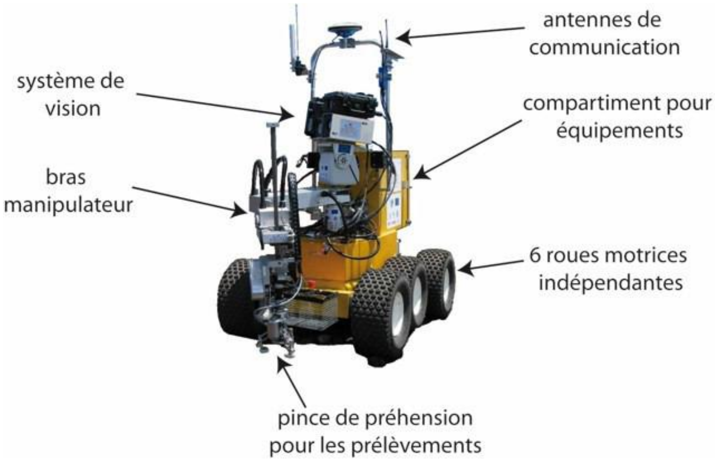
Robot d'exploration volcanique



<u>Comportement en ligne droite</u>

Dans cette sous-partie, on détermine la commande permettant d'assurer une vitesse de déplacement en ligne droite donnée.

Une modélisation de la plateforme est donnée sur la figure ci-dessous. On définit un repère local(O, $\vec{x}$, $\vec{y}$, $\vec{z}$) lié au châssis, $\vec{x}$ correspondant à **l'axe longitudinal** du châssis (appelé aussi ligne de géométrique et de masse de la plateforme dans le plan (O, $\vec{x}$, $\vec{y}$) parallèle au sol.

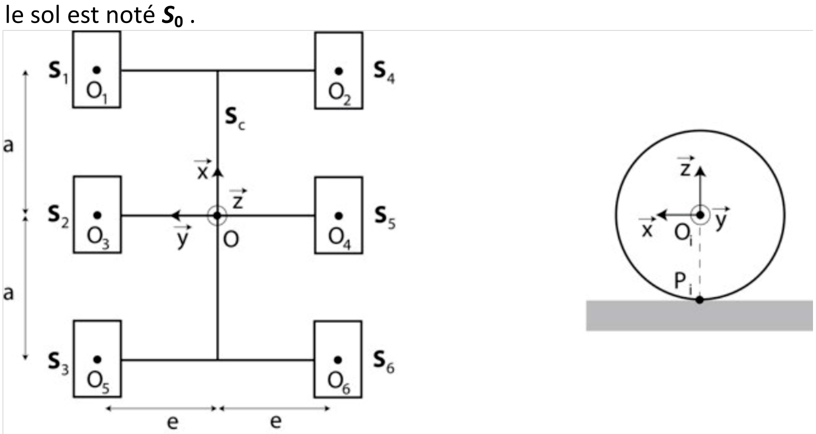
Pour chaque roue notée ***Si*** ($1 \le i \le 6$), on définit :

– *le point de contact P_i entre la roue et le sol ;*

– *le point O_i qui est la projection du point P_i sur l'axe de rotation de la* ***roue de diamètre D.(D = 300 mm)***

La position de chaque point O_i est définie par $\overrightarrow{OO_i}=a_i\vec{x} + e_i\vec{y}$ avec $a_i = \pm a$ et $e_i = \pm e$.

Le châssis est noté $\boldsymbol{S_c}$ et le sol est noté $\boldsymbol{S_0}$.



On donne le torseur cinématique du châssis par rapport au sol, correspondant à une translation rectiligne suivant la direction longitudinale $\vec{x}$ à la vitesse constante V : $\{\mathcal{V}(S_c/S_0)\}= \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ V\vec{x} \end{Bmatrix}_O$

Torseur cinématique de la roue par rapport au chassis : $\{\mathcal{V}(S_i/S_c)\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{\Omega_{S_i/S_C}} = \omega_r\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{O_i}$

1) Par changement de point avec O_i, exprimer le vecteur vitesse du point P_i appartenant à S_i par rapport S_0 $\overrightarrow{V_{P_i \in S_i/S_0}}$

2) Ecrire la condition de roulement sans glissement au point P_i et en déduire une relation entre V et ω_r

3) Sachant qu'entre le moteur et la roue il y a un **réducteur de vitesse** (de rapport de réduction ***r* = 1/236**), exprimer la vitesse de rotation ω_r de chaque roue par rapport au châssis, ainsi que la vitesse de rotation ω_m du moteur correspondant.

Faire l'application numérique pour une vitesse V =0,5 m/s.

<u>Comportement en virage</u>

Dans cette sous-partie, on analyse les glissements latéraux occasionnés au niveau des roues dans les phases de rotation du châssis.

Pour le système ROBOVOLC, un système à roues non directionnelles a été privilégié. Par conséquent, il n'y a pas de mécanisme de direction des roues et **la rotation du châssis** est obtenue **par le mouvement différentiel des roues** (comme sur un système à chenilles). Cette solution technique, même sans glissement longitudinal au contact roue-sol, engendre un glissement latéral des roues pendant une phase de virage ; c'est une condition nécessaire à la rotation.

On note $v_{gi} = \overrightarrow{V_{P_i \in S_i/S_0}} . \vec{y}$ la vitesse de glissement latéral de la roue *i* au point *Pi* .

Torseur cinématique de la roue par rapport au chassis dans cette phase : $\{\boldsymbol{\mathcal{V}}(\boldsymbol{S_i}/\boldsymbol{S_c})\} = \left\{ \begin{matrix} \overrightarrow{\Omega_{S_i/S_C}} = \omega_{ri}\vec{y} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{O_i}$

(chaque roue i a une vitesse de rotation ω_{ri} par rapport au chassis)

On définit le torseur cinématique du **châssis par rapport au sol** pendant une **phase de virage** : $\{\boldsymbol{\mathcal{V}}(\boldsymbol{S_c}/\boldsymbol{S_0})\} = \left\{ \begin{matrix} \boldsymbol{\overrightarrow{\Omega_{S_c/S_0}} = \omega_z \vec{z}} \\ \boldsymbol{V_x \vec{x} + V_y \vec{y}} \end{matrix} \right\}_{\boldsymbol{O}}$

Vecteur vitesse du point P_i appartenant à S_i par rapport à S_0 : $\boldsymbol{\overrightarrow{V_{P_i \in S_i/S_0}} = v_{gi}.\vec{y}}$ (v_{gi} = vitesse de glissement latéral)

Pour les trois questions suivantes, on utilisera les notations génériques a_i et e_i afin de mener un calcul unique valable pour les 6 roues de la plateforme.

4) Par changement de point avec O, exprimer la vitesse $\overrightarrow{V_{P_i \in S_C/S_0}}$ du point P_i en fonction de ω_z , v_x , v_y et des données géométriques.

5) Par une écriture de la composition des mouvement au point P_i**, e**xprimer cette même vitesse $\overrightarrow{V_{P_i \in S_C/S_0}}$ en fonction de la vitesse de glissement latéral v_{gi} , de la vitesse de rotation ω_{ri} de la roue *i* et des données géométriques.

On rappelle que la position de chaque point O_i est définie par $\overrightarrow{OO_i} = a_i\vec{x} + e_i\vec{y}$ avec $a_i = \pm a$ et $e_i = \pm e$

6) En déduire la vitesse de glissement latéral v_{gi} et la vitesse de rotation ω_{ri} de chaque roue en fonction de ω_z , v_x , v_y et des données géométriques.

<u>Maîtrise de trajectoire</u>

Dans cette sous-partie, on met en place un processus de contrôle de trajectoire par l'intermédiaire du couple transmis à chacune des roues.

Dans le cadre d'un suivi de trajectoire, le contrôle de la plateforme est difficile à assurer 8 notamment à cause du glissement latéral des roues. Toujours en supposant un roulement sans glissement longitudinal, un choix de commande en virage est basé sur la stabilité de la plateforme

On introduit un repère global (O_0, $\overrightarrow{x_0}$, $\overrightarrow{y_0}$, $\overrightarrow{z_0}$) fixe (lié au sol), avec $\overrightarrow{z_0} = \vec{z}$

On définit l'angle θ = ($\overrightarrow{x_0}$, $\vec{x}$) appelé angle de cap entre le repère local (O, $\vec{x}$, $\vec{y}$, $\vec{z}$) lié au châssis et le repère global.

On a $\boldsymbol{\dot{\theta} = \omega_z}$ en utilisant la notation de la partie précédente, et on note : $\boldsymbol{\overrightarrow{O_0O} = X_O\vec{x} + Y_O\vec{y}}$ **et** $\boldsymbol{\overrightarrow{\Omega_{S_c/S_0}} = \omega_z\vec{z} = \dot{\theta}\vec{z}}$

La vitesse au point O du châssis par rapport au sol s'écrit :

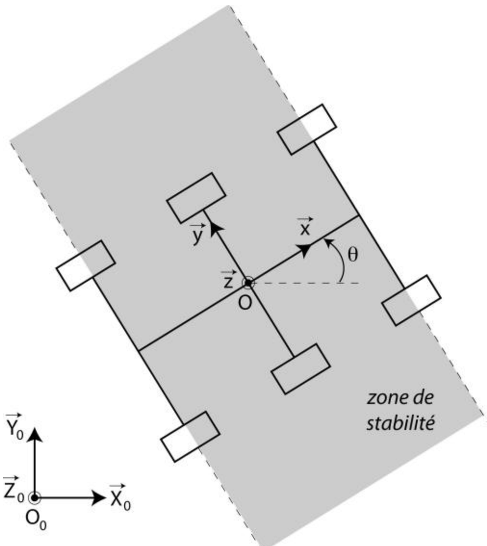
$\boldsymbol{\overrightarrow{V_{O \in S_C/S_0}} = v_x.\vec{x} + v_y.\vec{y} = v_{Ox}.\overrightarrow{x_0} + v_{Oy}.\overrightarrow{y_0}}$

Avec $\boldsymbol{v_{Ox}} = \dot{X}_O$ et $\boldsymbol{v_{Oy}} = \dot{Y}_O$

On introduit le centre instantané de rotation (CIR) noté *I* (*t*) et tel que la cinématique du châssis à l'instant *t* revient à une rotation pure autour de ce point.

On a ainsi la propriété : $\boldsymbol{\overrightarrow{V_{I(t) \in S_C/S_0}}} = \vec{0}$.

L'idée du contrôle proposé est de spécifier la coordonnée longitudinale (selon $\vec{x}$) du CIR *I* (*t*) afin de le forcer à rester dans la zone d'empattement du châssis (zone grisée sur la Figure ci-contre).



7) Exprimer les vecteurs unitaires $\vec{x}$ et $\vec{y}$ dans le repère fixe (O_0, $\overrightarrow{x_0}$, $\overrightarrow{y_0}$, $\overrightarrow{z_0}$)
8) Exprimer les composantes ($\boldsymbol{v_{Ox}}$, $\boldsymbol{v_{Oy}}$) de la vitesse $\overrightarrow{\boldsymbol{V_{O\,\in\,S_C/S_0}}}$ dans le repère fixe (O_0, $\overrightarrow{x_0}$, $\overrightarrow{y_0}$, $\overrightarrow{z_0}$) en fonction de celles ($\boldsymbol{v_x}$, $\boldsymbol{v_y}$) dans le repère local lié au châssis.

9) Sachant que le vecteur accélération s'écrit : $\overrightarrow{\boldsymbol{\Gamma_{O\,\in\,S_C/S_0}}} = \frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{\boldsymbol{V_{O\,\in\,S_C/S_0}}}\right) = \Upsilon_x\vec{x} + \Upsilon_y\vec{y}$
En déduire le lien entre les composantes d'accélération ($\boldsymbol{\dot{v}_{Ox}}$, $\boldsymbol{\dot{v}_{Oy}}$) et ($\boldsymbol{\dot{v}_x}$, $\boldsymbol{\dot{v}_y}$)
On pourra introduire les notations $\Upsilon_x = \boldsymbol{\dot{v}_x} - \dot{\theta}\,\boldsymbol{v_y}$ et $\Upsilon_y = \boldsymbol{\dot{v}_y} - \dot{\theta}\,\boldsymbol{v_x}$

On pose $\overrightarrow{\boldsymbol{OI}} = \boldsymbol{x_I\vec{x} + y_I\vec{y}}$
10) Exprimer $\overrightarrow{\boldsymbol{V_{O\,\in\,S_C/S_0}}}$ en fonction de $\overrightarrow{\boldsymbol{V_{I\,\in\,S_C/S_0}}}$ et de $\overrightarrow{\boldsymbol{\Omega_{S_C/S_0}}}$

11) Exprimer les coordonnées ($x_I(t)$, $y_I(t)$) du CIR dans le repère local (O, $\vec{x}$, $\vec{y}$) en fonction de $\boldsymbol{v_x}$, $\boldsymbol{v_y}$ et $\boldsymbol{\dot{\theta}}$.

12) Que deviennent les coordonnées de I pour un mouvement de translation ?