

LYCÉE LA MARTINIÈRE MONPLAISIR LYON

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR

CLASSE PRÉPARATOIRE M.P.S.I. ET M.P.I.I.

ANNÉE 2024 - 2025



C4 : MODÉLISATION CINÉMATIQUE STRUCTURELLE DES SYSTÈMES

TD 10 - Modélisation des liaisons mécaniques (C4-2)

Compétences

- **Modéliser**
 - Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.
 - Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.
 - Simplifier un modèle de mécanisme.
- **Communiquer**
 - Lire et décoder un document technique : Schéma Cinématique

Exercice 1 : Nacelle articule de grande portée

Source : XENS PSI 2019

1 Présentation

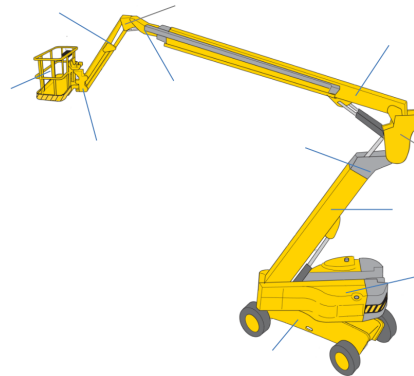


FIGURE 1 – Nacelle de grande portée

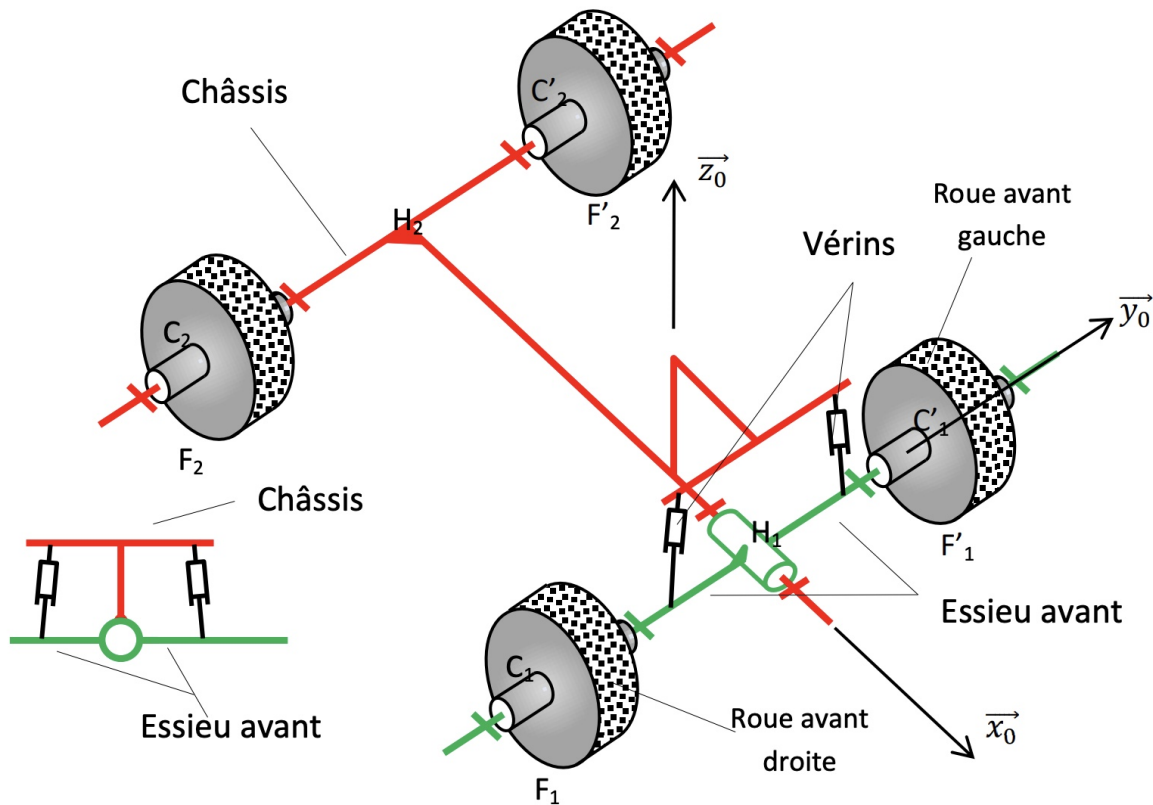
La nacelle articulée (Figure 1) étudiée permet de sécuriser des opérations de travail en hauteur.

Cette nacelle s'utilise en extérieur et est adaptée à tous les terrains grâce à ses 4 roues motrices et son essieu oscillant. Elle est principalement utilisée pour : la construction de gros et second œuvre, l'aménagement d'espaces verts, la logistique, la distribution et l'industrie, la maintenance et la restauration.

Son excellente maniabilité lui permet de se rendre dans des zones encombrées et de contourner facilement les obstacles grâce à son bras articulé. Le télescopage du bras et de la flèche permettent d'atteindre des hauteurs de travail très importantes (40 mètres environ).

2 Accessibilité Tout terrain

La nacelle est amenée à évoluer dans des terrains parfois accidentés (chantier, terrain en friche...). L'objectif est de valider la motricité du châssis par rapport au sol, même sur un terrain accidenté. Le châssis possède un essieu avant monté sur un palonnier pilotable par deux vérins.



C1, C'1, C2, C'2 sont les centres respectivement des roues avant droite, avant gauche, arrière droite et arrière gauche. Les quatre roues sont considérées en liaison ponctuelle parfaite avec le sol. Les points de contact sont notés respectivement F1, F'1, F2, F'2.

On pose :

$$\overrightarrow{C1C'1} = L_1 \vec{y}_0$$

Q 1 : Donner le graphe de liaison du modèle proposé.

Q 2 : Etablir la liaison équivalente réalisée par le train avant entre le sol et le châssis. Donner chaque étape de la démarche.

Exercice 2 : ROBOVOLC

Source : XENS 2017

1 Contexte et présentation du système

a) Contexte

Les éruptions volcaniques peuvent avoir un impact important sur l'activité humaine, provoquant à la fois des déplacements de population, des dégâts matériels, ainsi que des changements de topographie et de climat. On considère qu'actuellement 10% de la population terrestre vit sous la menace des volcans, et 1500 volcans potentiellement en activité sont répertoriés sur la planète. Par conséquent, une compréhension fine des phénomènes volcaniques et une meilleure maîtrise des risques associés constituent un enjeu scientifique majeur.

Les observations scientifiques réalisées pendant les phases éruptives sont aujourd'hui fondamentales pour l'étude des volcans. En effet, les prélèvements des gaz magmatiques et des échantillons rocheux rejetés lors de ces phases constituent des indicateurs fiables de l'activité interne des volcans ; ils sont donc une riche source d'informations pour les volcanologues. Cependant, les phases éruptives sont aussi des phases actives très dangereuses et il est primordial de limiter les risques humains lors d'observations et de prélèvements à proximité des cratères en éruption (Figure 2).

Avec ce constat, allié aux avancées technologiques dans le domaine de la robotique, la Communauté Européenne a financé le projet ROBOVOLC dont le but était la réalisation d'un robot mobile pour l'exploration volcanique (figure 3). Ce robot devait être capable de :

- s'approcher d'un cratère actif;
- collecter des échantillons rocheux issus de rejets éruptifs;
- collecter des échantillons gazeux;
- collecter d'autres données physiques et chimiques.

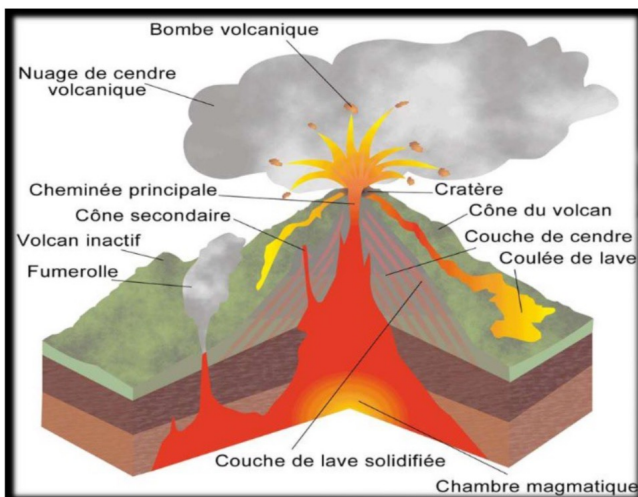


FIGURE 2 – Schématisation d'un volcan en éruption



FIGURE 3 – Robot ROBOVOLC

Le sujet propose d'étudier quelques parties structurales du système ROBOVOLC et de valider plusieurs performances (liées à la mobilité et au prélèvement) de ce système.

b) Modélisation cinématique de l'ensemble

On souhaite déterminer la liaison équivalente entre le châssis S_c et le sol S_0 . On se place dans le cas simplifié illustré par la figure 4.

- Chaque roue S_i est en liaison pivot d'axe (O_i, \vec{y}) avec le châssis S_c .
- Le contact entre chaque roue S_i et le sol S_0 est supposé ponctuel et on considère donc que la liaison est de type sphère-plan de normale (P_i, \vec{z}) .
- La position de chaque point O_i est définie par $\vec{OO_i} = a_i \vec{x} + e_i \vec{y}$ avec $a_i = \pm a$ et $e_i = \pm e$.
- La position de chaque point P_i est définie par $\vec{O_iP_i} = -R \vec{z}$.

Q 3 : Dessiner le graphe de liaison permettant de modéliser ce problème.

Q 4 : Donner la forme du torseur cinématique de la liaison entre une roue S_i et le sol S_0 $\{\mathcal{V}_{(S_i/S_0)}\}$.

Q 5 : Donner la forme du torseur cinématique de la liaison entre une roue S_i et le châssis S_c $\{\mathcal{V}_{(S_i/S_c)}\}$.

Q 6 : Donner la forme du torseur cinématique équivalent entre S_c et S_0 en passant par une roue S_i que l'on notera $\{\mathcal{V}^{eq_i}(S_c/S_0)\}$ (On traduira la chaîne $S_c - S_i - S_0$). En déduire le nom de la liaison équivalente associée.

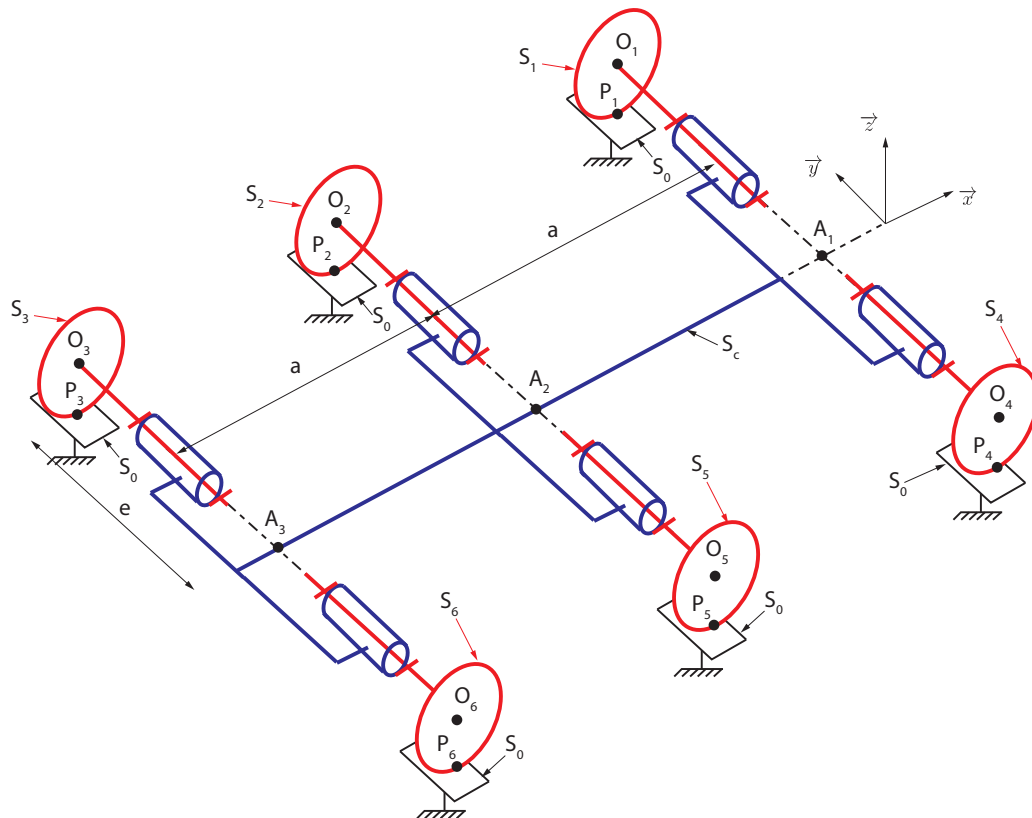


FIGURE 4 – Modélisation cinématique simplifié du système .

Q 7 : Donner la forme du torseur cinématique équivalent entre S_c et S_0 en considérant toutes les chaînes $S_c - S_i - S_0$ que l'on notera $\{V^{eq}(S_c/S_0)\}$. En déduire le nom de la liaison équivalente associée.

2 Annexes

a) Modélisation SysML

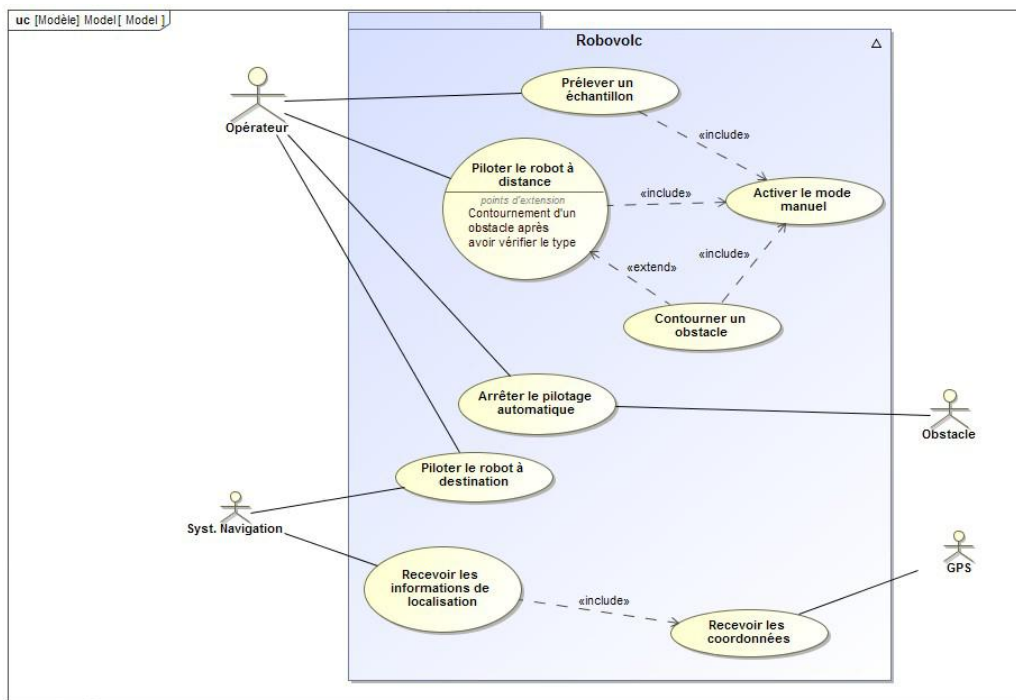


FIGURE 5 – Diagramme des cas d'utilisation

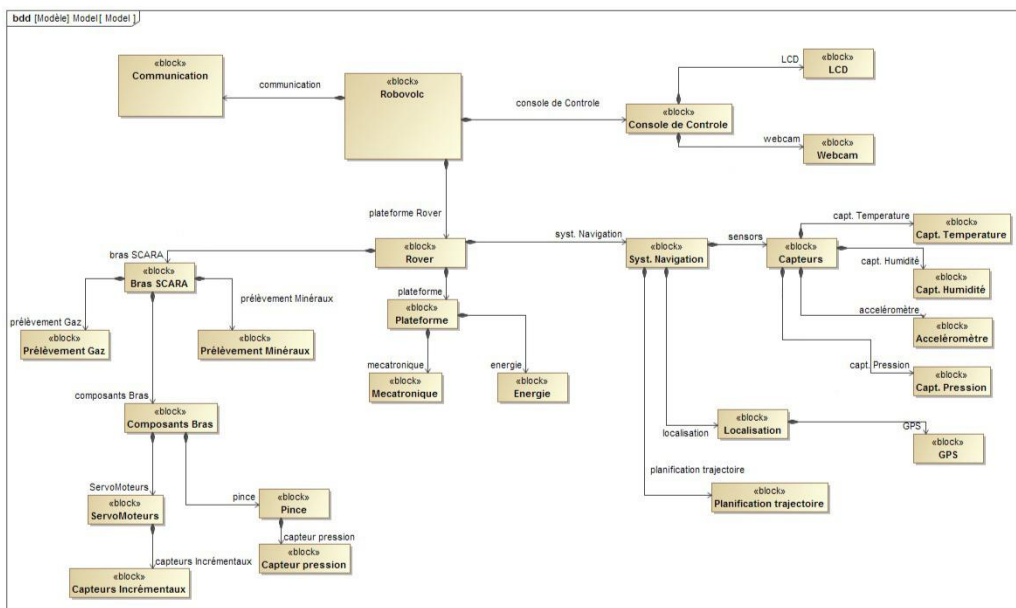


FIGURE 6 – Diagramme de définition de blocs

Exercice 3 : Application directe des liaisons équivalentes

Source : Emilien DURIF à

1 Liaison équivalente avec 2 liaisons sphère cylindre

On considère un système composé de deux solides 2 et 1 représenté par le schéma cinématique ci-contre. On pose $\overrightarrow{AB} = a \cdot \vec{y}$.

Q 8 : Tracer le graphe des liaisons.

Q 9 : Donnez l'expression des torseurs cinématiques pour les liaisons LA et LB.

Q 10 : Déterminer la liaison équivalente entre 2 et 1.

