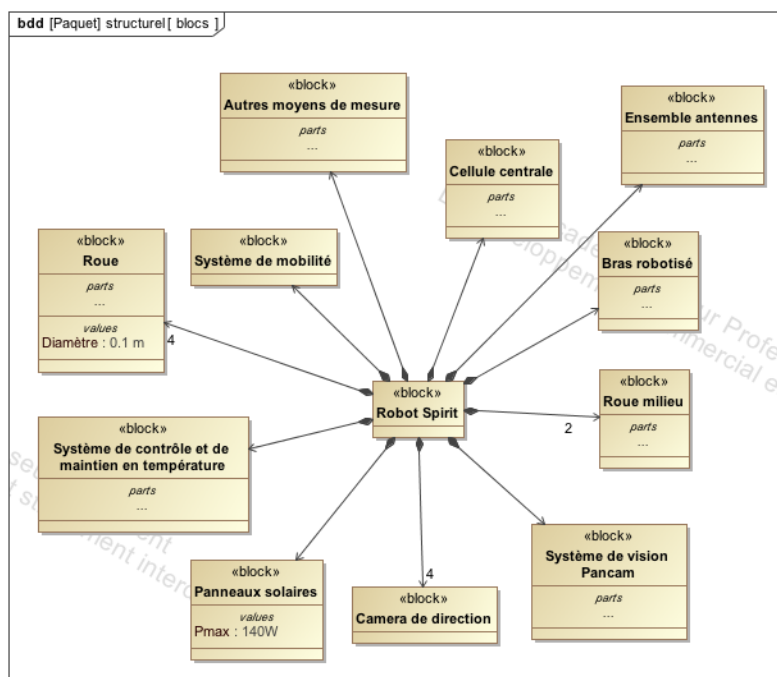
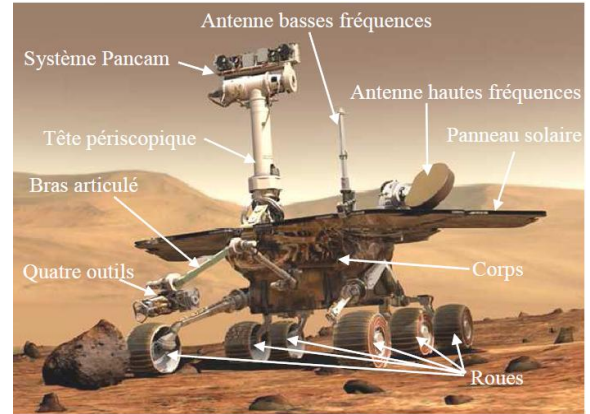
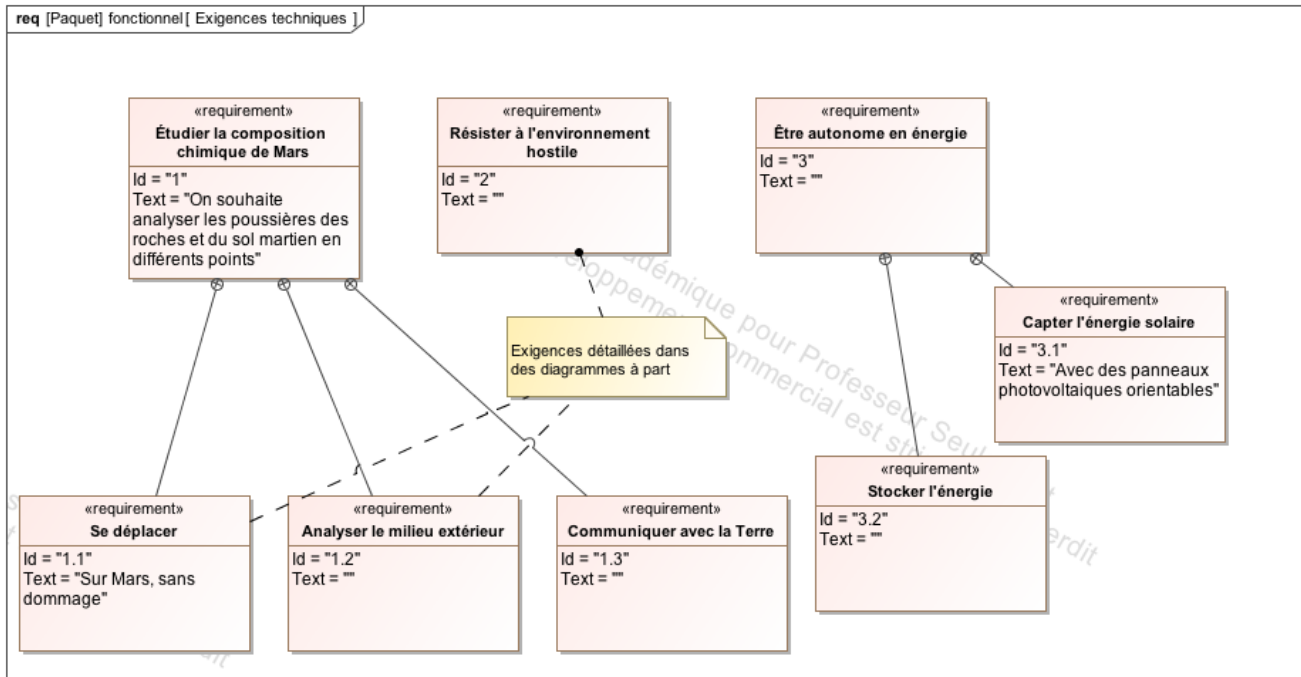


I. Analyse du système

Le robot Spirit a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars. Les principaux composants de ce robot sont :

- Un corps, appelé « Warm Electronic Box », dont la fonction est d'assurer la liaison entre les divers composants. Il supporte les batteries qui sont chargées par des capteurs solaires. Il protège également l'électronique embarquée des agressions extérieures.
- Une tête périscopique orientable dont la fonction est d'orienter le système appelé « Pancam » (Panoramic Camera) qui se trouve à 1,4m de hauteur. Ce dernier fournit une vue en 3 dimensions de l'environnement. Le traitement des images acquises par les caméras du système Pancam permet à Spirit de réaliser une cartographie des terrains et donc de trouver de manière autonome son chemin en évitant les obstacles. Cette autonomie de déplacement est renforcée par l'utilisation de quatre caméras de direction situées sur le corps.
- La navigation est réalisée par l'ordinateur de bord. Celui-ci reçoit les images de l'environnement et traite ces images afin de calculer la position des obstacles et de la cible par rapport au robot. Il définit alors une trajectoire permettant d'atteindre la cible en évitant les obstacles et transmet une consigne de vitesse aux roues permettant de suivre la trajectoire.
- Un bras articulé dont la fonction est d'amener quatre outils (une foreuse, un microscope et deux spectromètres) à proximité d'une roche à étudier. L'étude de la roche par ces quatre outils se fait par des carottages horizontaux.
- Six roues, animées chacune par un motoréducteur, dont la fonction est d'assurer le déplacement de Spirit sur un sol caillouteux. Les deux roues avant et arrière possèdent de plus un moteur permettant au robot d'effectuer des changements de direction jusqu'à un demi tour sur place.
- Un système de communication et des antennes hautes et basses fréquences, dont la fonction est de permettre à Spirit de communiquer avec la terre.





I.1. Analyse globale: contexte et cas d'utilisation

Question 1: Préciser la frontière du système étudié et d'écrire en quelques mots clés son contexte d'utilisation.

Question 2: Proposer un diagramme SysML de cas d'utilisation.

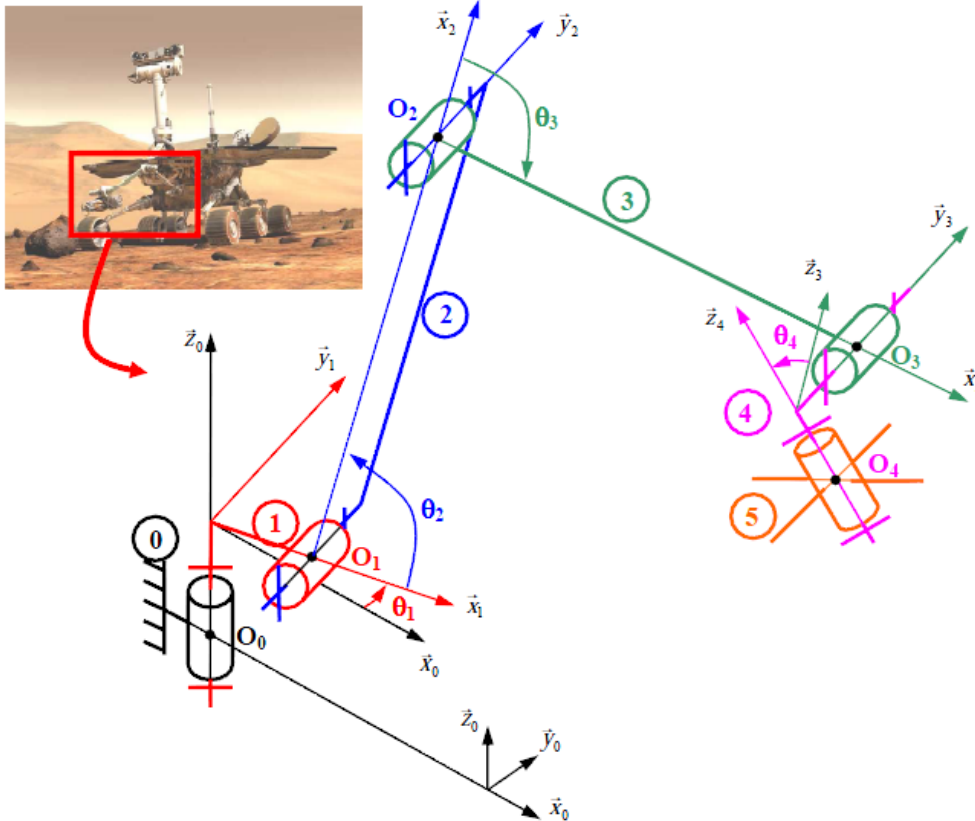
Question 3: Compléter le diagramme SysML de contexte document réponse 1 en indiquant le nom des 2 acteurs non nommés.

I.2. Exigences

On propose un diagramme SysML d'exigences techniques (ci-dessus). L'exigence 1.1 (se déplacer), est détaillée dans un diagramme d'exigence spécifiques à compléter (Documents réponses 2)

Question 4: Compléter le diagramme SysML d'exigences partiel document réponse 2 en indiquant les 2 exigences (1.1.3) et (1.1.4) ainsi que le bloc satisfaisant l'exigence (1.1.1).

Modélisation et paramétrage du bras de robot



- Soit $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ un repère lié au corps du robot (0). Le point O_0 est à la hauteur h_0 du sol. ($h_0 = \text{constante}$). Avec \vec{z}_0 qui représente la verticale.
- La liaison entre le solide 1 et le corps du robot est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe (O_0, \vec{z}_0) . Soit $R_1(O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ un repère lié au solide 1, tel que $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ et $\vec{z}_0 = \vec{z}_1$ avec $-\pi/2 \leq \theta_1 \leq \pi/2$. On pose $\vec{O}_0O_1 = a_1 \cdot \vec{x}_1 + c_1 \cdot \vec{z}_1$.
- La liaison entre le bras 2 et le solide 1 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe (O_1, \vec{y}_1) . Soit $R_2(O_2, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ un repère lié au bras 2, tel que $\theta_2 = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$ et $\vec{y}_1 = \vec{y}_2$ avec $-\pi/4 \leq \theta_2 \leq \pi/4$. On pose $\vec{O}_1O_2 = a_2 \cdot \vec{x}_2$.
- La liaison entre l'avant bras 3 et le bras 2 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe (O_2, \vec{y}_2) . Soit $R_3(O_3, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ un repère lié à l'avant bras 3, tel que $\theta_3 = (\vec{x}_2, \vec{x}_3) = (\vec{z}_2, \vec{z}_3)$ et $\vec{y}_2 = \vec{y}_3$ avec $0 \leq \theta_3 \leq \pi$. On pose $\vec{O}_2O_3 = a_3 \cdot \vec{x}_3$.
- La liaison entre le solide 4 et l'avant bras 3 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe (O_3, \vec{z}_3) . Soit $R_4(O_4, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ un repère lié au solide 4, tel que $\theta_4 = (\vec{x}_3, \vec{x}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_4)$ et $\vec{y}_3 = \vec{y}_4$ avec $-\pi \leq \theta_4 \leq \pi$. On pose $\vec{O}_3O_4 = -b_4 \cdot \vec{y}_4 - c_4 \cdot \vec{z}_4$.

La liaison entre le solide 5 (qui supporte les 4 outils) et le solide 4 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe (O_4, \vec{z}_4) . Cette liaison n'est pas paramétrée.

- Les positions relatives $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ de chaque solide sont pilotés par 4 motoréducteurs indépendants notés M1, M2, M3, M4.

Données géométriques :

$h_0=0.5\text{m}$ $a_1=0.1\text{m}$ $c_1=0.1\text{m}$ $a_2=0.5\text{m}$ $a_3=0.8\text{m}$ $b_4=0.1\text{m}$ $c_4=0.15\text{m}$.

On définit les positions particulières du bras articulé suivantes :

- La position de repos notée Pr ($\theta_1 = -\pi/2$, $\theta_2 = 0$, $\theta_3 = \pi$), est la position du bras articulé lorsqu'il n'est pas en fonctionnement.
- La position initiale de déploiement, notée Pi ($\theta_1 = 0$, $\theta_2 = -\pi/4$, $\theta_3 = \pi/2$), est la position adoptée par le bras avant de se déployer complètement vers la roche à analyser.
- La position horizontale, notée Ph ($\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 0$, $\theta_3 = 0$).
- La position verticale, notée Pv ($\theta_1 = 0$, $\theta_2 = -\pi/4$, $\theta_3 = 0$).

On considère pour la suite que :

- l'ensemble (4+5) reste toujours immobile l'un par rapport à l'autre
- $(\vec{z}_0 = \vec{z}_4)$.

Question 5 : Réaliser les figures de calculs permettant de visualiser les différents paramètres θ_i .

Question 3 : Réaliser le graphe de liaisons du bras articulé du robot.

Question 7: Compléter sur le document réponse 3 les deux schémas cinématique en couleurs permettant de visualiser dans le plan $(O_0, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ les solides 1, 2, 3 et (4+5) dans les positions particulières Ph et Pv .

Remarque : On fera attention au sens positif des angles dans le plan proposé, par exemple $\theta_2 = -\pi/4$ correspond à une orientation du bras vers le haut.

Question 8 : Déterminer l'expression littérale analytique du vecteur position $\overrightarrow{O_0O_3}$ dans le repère R_0 , avec $\theta_1=0$.

Question 9 : Calculer la hauteur maximale d'étude de la roche par rapport au sol. Construire un schéma dans le plan $(O_0, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ pour cette position particulière.

Question 10 : Le cahier des charges exige une hauteur maximale d'étude de la roche par rapport au sol de $1.35 \pm 0.05\text{m}$, conclure quand aux performances obtenues.