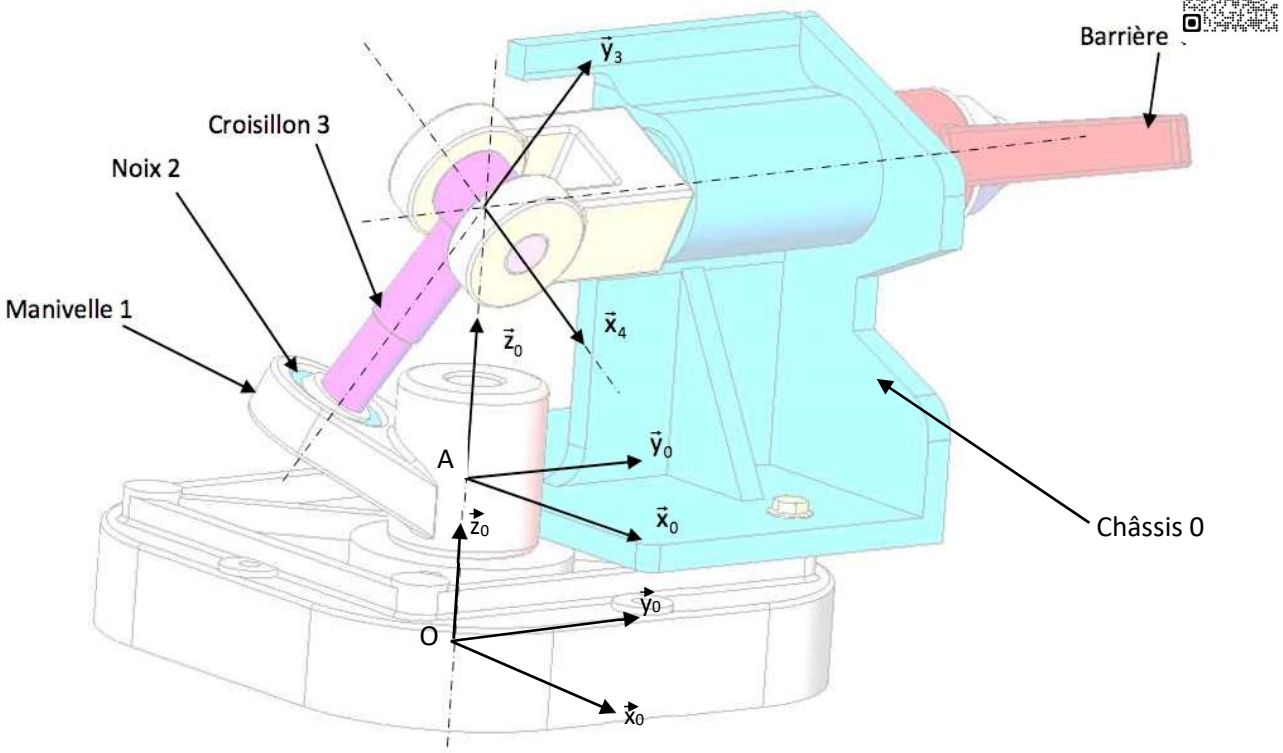
Exercice 1 : ***Barrière Sinusmatic***

On donne le modèle 3D (ci-dessous) et le dessin d'ensemble (page suivante) du mécanisme de transformation de mouvement d'une barrière de parking appelée barrière Sinusmatic ainsi qu'une animation de ce système en fonctionnement.

Vidéo Sinusmatic



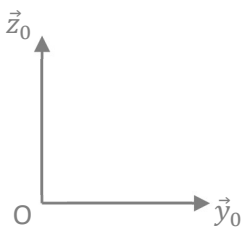
Question 1 : On donne le nom des différentes CEC sur le modèle 3D ci-dessus.
Colorier ces différentes CEC sur le dessin d'ensemble page suivante.

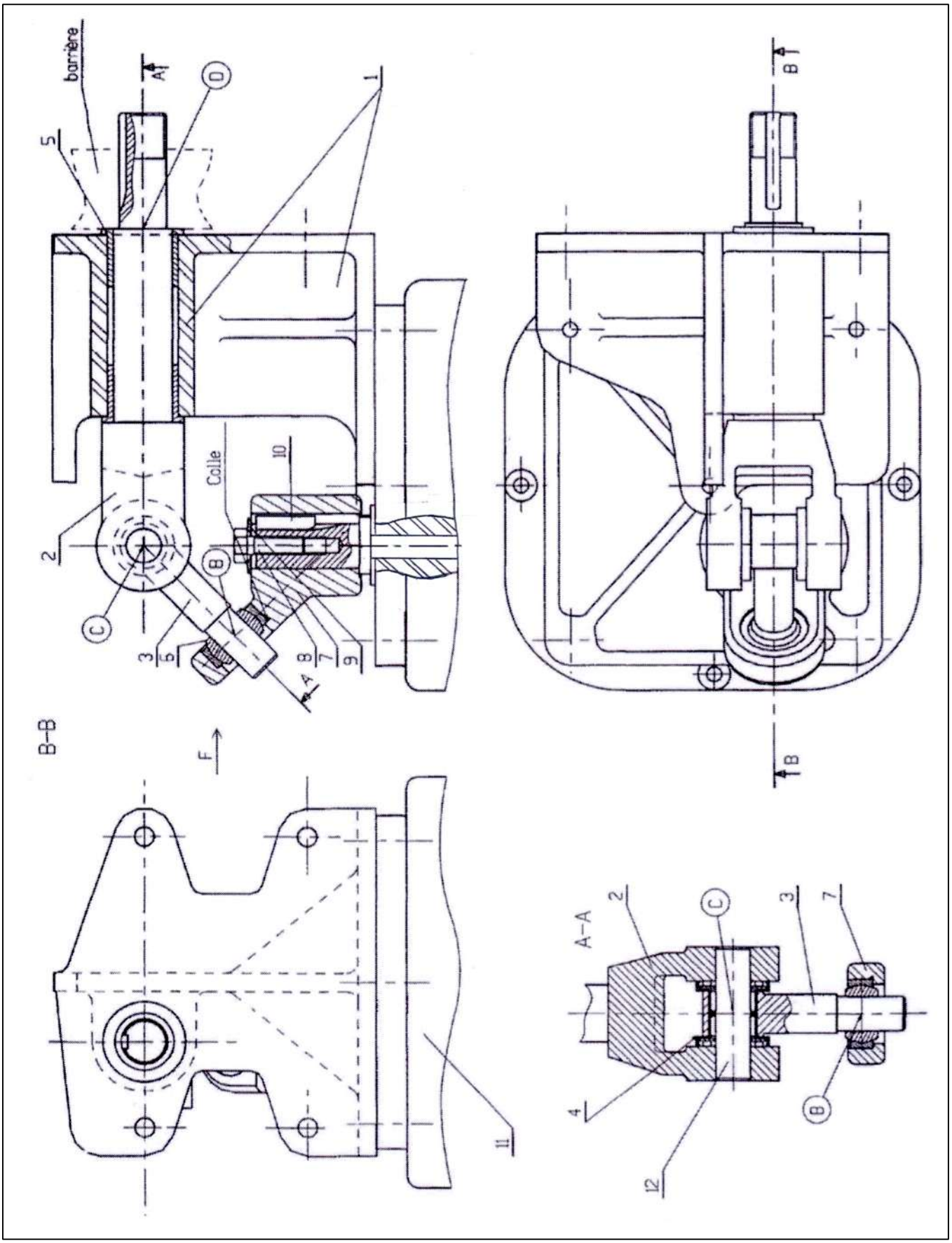
Question 2 : Identifier les liaisons entre les différentes CEC et réaliser le graphe des liaisons de ce mécanisme.

Question 3 : Réaliser le schéma cinématique 3D de ce mécanisme en superposition du modèle 3D.

Question 4 : Réaliser ci-dessous le schéma cinématique 2D dans le plan $(O, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ lorsque le mécanisme est positionné tel que $\vec{x}_0 = \vec{x}_4$

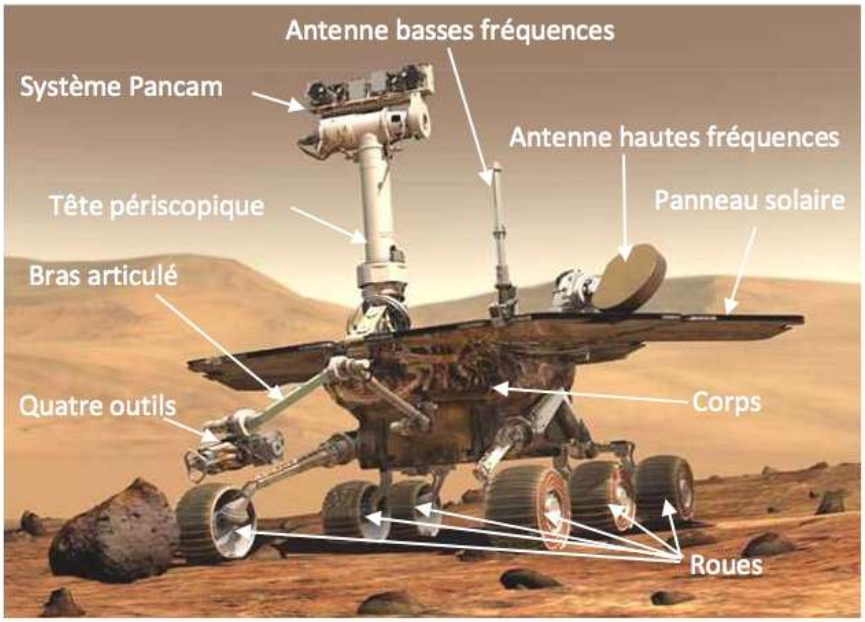
Schéma cinématique 2D dans le plan $(O, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ pour $\vec{x}_0 = \vec{x}_4$:




barrière
A
D
1
5
Colle
10
2
C
B
3
6
8
7
9
A
B
B
B-B
F
11
A-A
2
C
3
7
4
B
12

Exercice 2 : ***Bras manipulateur du robot Spirit***

La mission Mars Exploration Rover (MER) est une mission spatiale confiée à la NASA. Elle a pour but d'explorer les sols de la planète Mars pour y rechercher la présence ancienne et prolongée d'eau. Cette exploration a été possible notamment grâce à deux rovers automatiques lancées depuis Cap Canaveral. Le premier rover se nomme robot Spirit. Il a été lancé le 10 juin 2003 et s'est posé le 3 janvier 2004 dans le cratère Gusev, une dépression de 170 km de diamètre qui a peut-être accueilli un lac. Le second rover se nomme robot Opportunity, il a été lancé le 8 juillet 2003 et s'est posé le 24 janvier 2004 sur Meridiani Planum.

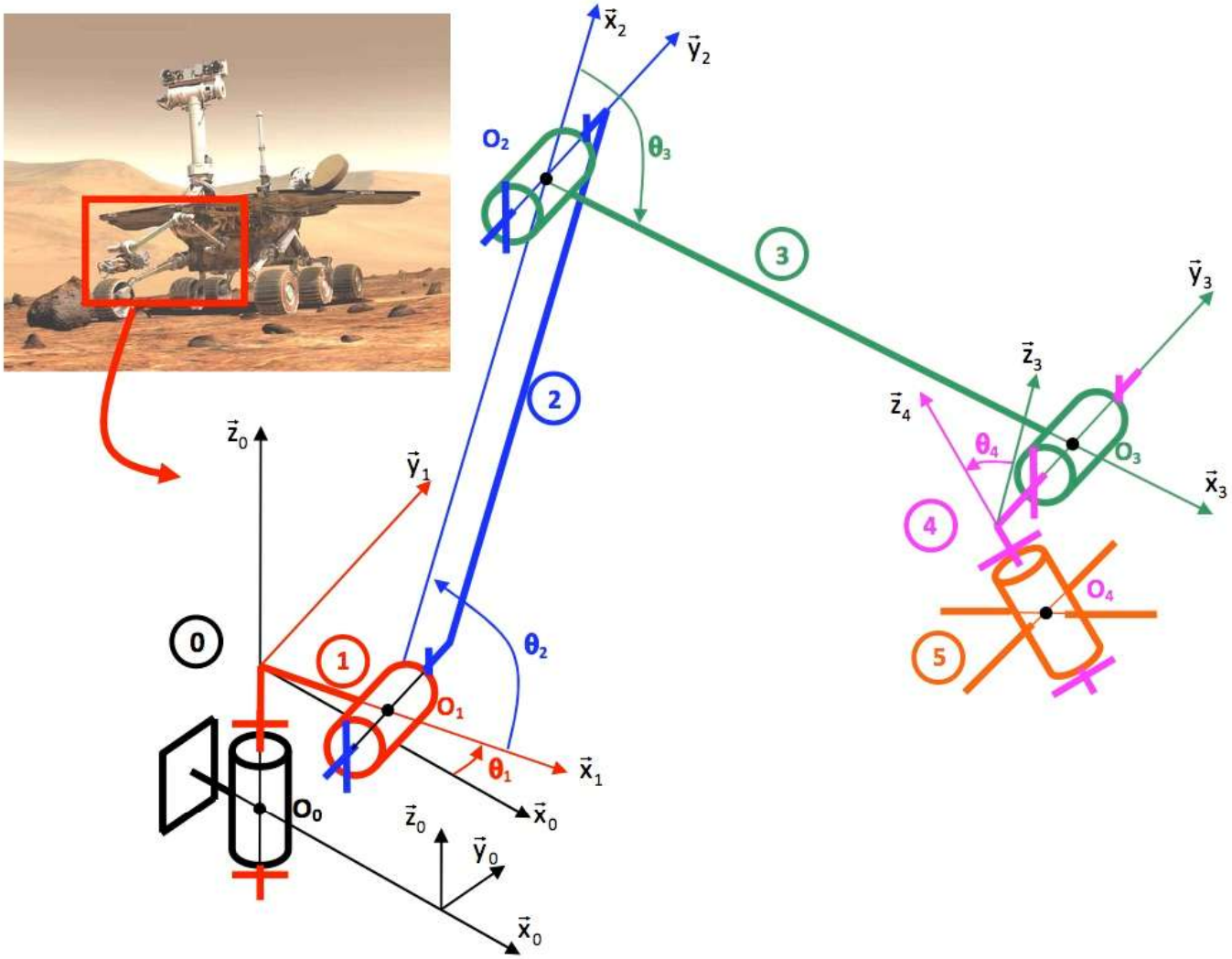


Présentation générale du robot :

Les principaux composants du robot Spirit sont :

- Un corps dont la fonction est d'assurer la liaison entre les divers composants. Il supporte des batteries qui sont chargées par des capteurs solaires et protège également l'électronique embarquée des agressions extérieures.
- Une tête périscopique orientable dont la fonction est d'orienter le système de vision appelé «Pancam » qui se trouve à 1,4 m de hauteur. Ce dernier fournit une vue 3D 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 est renforcée par l'utilisation de 4 caméras de direction supplémentaires situées sur le corps.
- 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 en supplément un moteur de direction permettant au robot d'effectuer des changements de direction jusqu'à un demi tour sur place.
- 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.
- Un système de communication et des antennes hautes et basses fréquences, dont la fonction est de permettre à Spirit de communiquer avec la terre.

Modélisation cinématique et paramétrage du bras articulé



- Le corps du robot est repéré 0. On lui attache un repère $\mathcal{R}_0 = (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ et le point O_0 est à la hauteur h_0 du sol, supposé constante.
- La liaison entre le solide 1 et le corps du robot est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe $(O_0, \vec{z}_0)$. On attache au solide 1 le repère $\mathcal{R}_1 = (O_0, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, on pose $\overrightarrow{O_0O_1} = a_1.\vec{x}_1 + c_1.\vec{z}_1$ et $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$ avec $-\pi/2 \leq \theta_1 \leq \pi/2$.
- La liaison entre le bras 2 et le solide 1 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe $(O_1, \vec{y}_1)$. On attache au solide 2 le repère $\mathcal{R}_2 = (O_1, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, on pose $\overrightarrow{O_1O_2} = a_2.\vec{x}_2$ et $\theta_2 = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$ avec $-\pi/4 \leq \theta_2 \leq \pi/4$.
- La liaison entre l'avant bras 3 et le bras 2 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe $(O_2, \vec{y}_2)$. On attache au solide 3 le repère $\mathcal{R}_3 = (O_2, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$, on pose $\overrightarrow{O_2O_3} = a_3.\vec{x}_3$ et $\theta_3 = (\vec{x}_2, \vec{x}_3)$ avec $0 \leq \theta_3 \leq \pi$.
- La liaison entre le solide 4 et l'avant bras 3 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe $(O_3, \vec{y}_3)$. On attache au solide 4 le repère $\mathcal{R}_4 = (O_3, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$, on pose $\overrightarrow{O_3O_4} = -b_4.\vec{y}_4 - c_4.\vec{z}_4$ et $\theta_4 = (\vec{x}_3, \vec{x}_4)$ avec $-\pi \leq \theta_4 \leq \pi$.
- La liaison entre le solide 5 (sur lequel se trouvent les quatre outils d'étude de la roche) et le solide 4 est modélisée par une liaison pivot parfaite d'axe $(O_4, \vec{z}_4)$.
- Les positions relatives θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 de chaque solide sont pilotées par 4 actionneurs indépendants notés M_1, M_2, M_3, M_4 constitués d'un moteur, d'un réducteur irréversible et d'un codeur.

Données:

$h_0 = 0{,}5m$ $a_1 = 0{,}1m$ $c_1 = 0{,}1m$ $a_2 = 0{,}5m$ $a_3 = 0{,}8m$ $b_4 = 0{,}1m$ $c_4 = 0{,}15m$

On définit les positions particulières du bras articulé suivantes :

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

On considère par la suite que les solides 4 et 5 restent toujours immobiles l'un par rapport à l'autre et que l'ensemble 4+5 reste toujours vertical par rapport au sol ($\vec{z}_0 = \vec{z}_4$)

Q.1. Effectuer le graphe des liaisons du bras articulé du robot Spirit et poser toutes les figures géométrales.

Q.2. Compléter sur le document réponse les deux schémas cinématiques en couleur permettant de visualiser dans le plan $(O_0, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ les solides 1, 2, 3 et 45 dans les positions particulières P_h et P_v. (**Remarque :** On fera attention au sens positif des angles dans les schémas proposés document réponse, par exemple, $\theta_2 = -\pi/4$ correspond à une orientation du bras vers le haut).

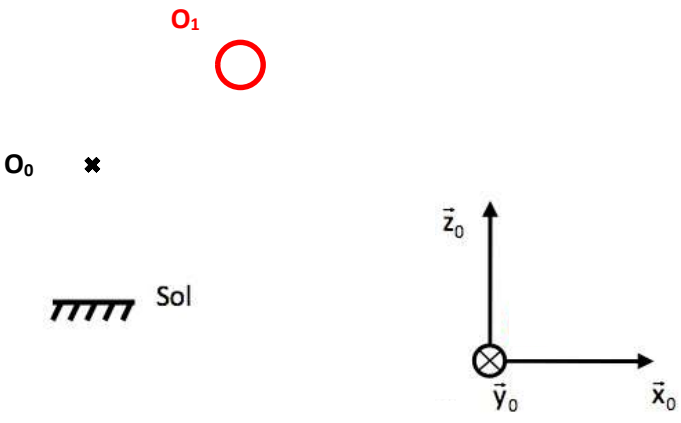
Q.3. Déterminer l'expression littérale et analytique du vecteur position $\overrightarrow{O_0O_3}$ dans la base B_0.

Q.4. Calculer la hauteur maximale d'étude de la roche par rapport au sol. Construire un schéma cinématique en couleurs dans le plan $(O_0, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ pour cette position particulière.

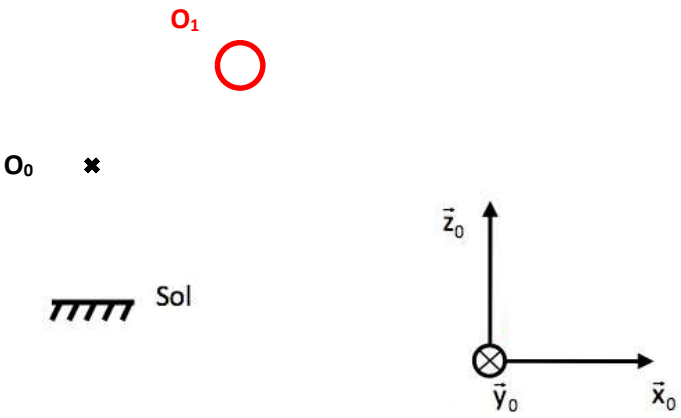
Q.5. Le cahier des charges demande une hauteur maximale d'étude de la roche par rapport au sol de 1,35±0,05m, conclure quand aux performances obtenues.

Document réponse

Position P_h : $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 0$ et $\theta_3 = 0$

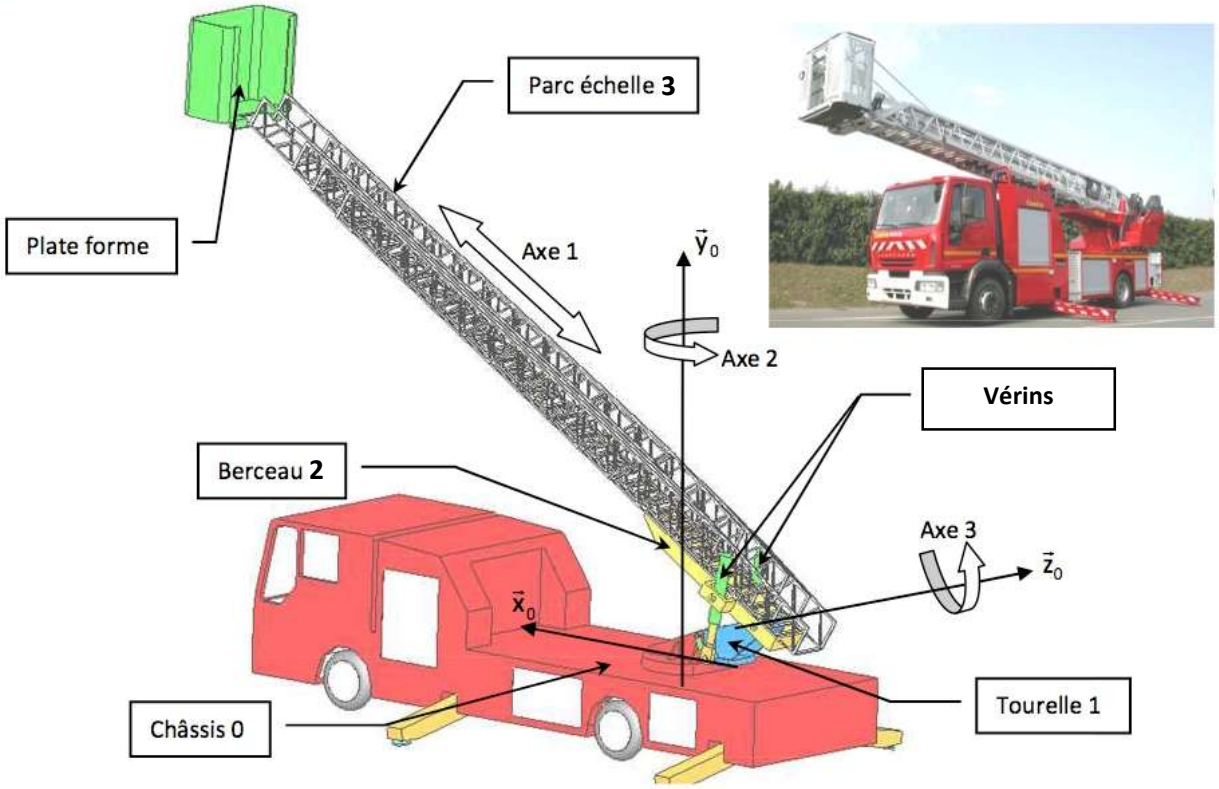


Position P_v : $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = -\pi/4$ et $\theta_3 = 0$



Exercice 3 : ***Echelle Pivotante Automatique***

Une E.P.A.S. est une Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle. Ce système, conçu et commercialisé par la société CAMIVA, est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate-forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard le plus rapidement possible et en toute sécurité.



Le déplacement de la plate-forme est réalisé suivant trois axes :

- Le déploiement du parc échelle **3** (axe 1) : Chaque plan de l'échelle peut se translater par rapport aux autres, seul le quatrième plan d'échelle est solidaire du berceau **2.**
- Le pivotement (axe 2) : La tourelle 1 peut pivoter par rapport au châssis 0 autour d'un axe vertical.
- L'inclinaison (axe 3) : Le berceau **2** peut tourner par rapport à la tourelle 1 autour d'un axe horizontal grâce à l'action de 2 vérins **.**

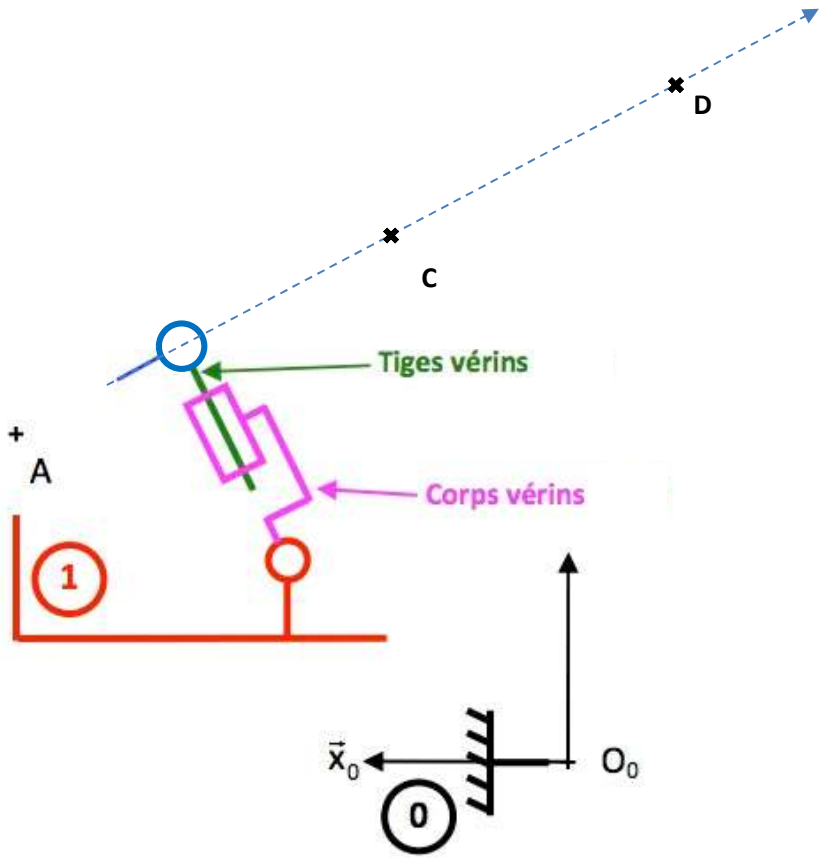
Repérage et paramétrage du modèle :

- Le châssis **0**, fixe par rapport au sol, a pour repère associé $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ tel que l'axe $(O_0, \vec{y}_0)$ est dirigé suivant la verticale ascendante ;
- La tourelle **1**, de repère associé $R_1(O_0, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est en mouvement de rotation d'axe $(O_0, \vec{y}_0 = \vec{y}_1)$ par rapport au châssis 0. On note $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$;
- Le berceau **2**, de repère associé $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ est en mouvement de rotation d'axe $(A, \vec{z}_1 = \vec{z}_2)$ par rapport à la tourelle 1. On note $\theta_2 = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$. De plus on note $\overrightarrow{O_0A} = -b.\vec{x}_1 + a.\vec{y}_1$ et $\overrightarrow{AC} = c.\vec{x}_2$ (a, b et c constants) ;
- L'échelle **3**, de repère associé $R_3(D, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ est en mouvement de de translation rectiligne de direction $\vec{x}_2 = \vec{x}_3$ par rapport au berceau 2. On note $\overrightarrow{CD} = d(t).\vec{x}_2$ (a, b et c constants)

Q.1. Compléter le schéma cinématique plan du système donné document réponse.

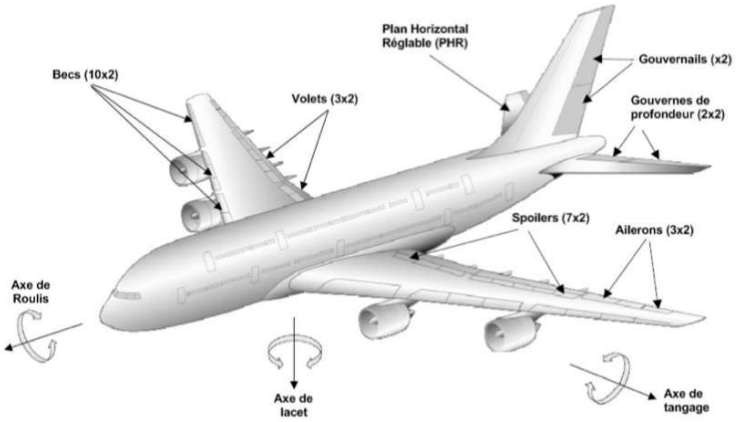
Q.2. Poser les figures géométrales.

Q.3. Définir le vecteur position $\overrightarrow{O_0D}$ en fonction de a, b, c et d(t) en projection dans la base 0.

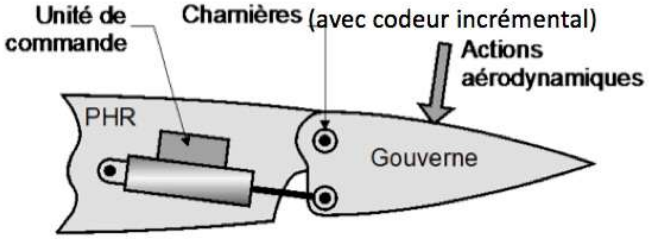


Exercice 4 : ***Gouvernes de profondeur de l'Airbus A380 : Loi E/S***

L'Airbus A380 est équipé de 4 gouvernes de profondeur disposées symétriquement sur le Plan Horizontal Réglable (PHR) permettant de contrôler le mouvement de tangage de l'appareil



Chaque gouverne est reliée au PHR par des charnières et est mise en rotation par un vérin.



On s'intéresse au mécanisme d'orientation de la **gouverne**, dont le schéma cinématique partiel est donné ci-dessous.

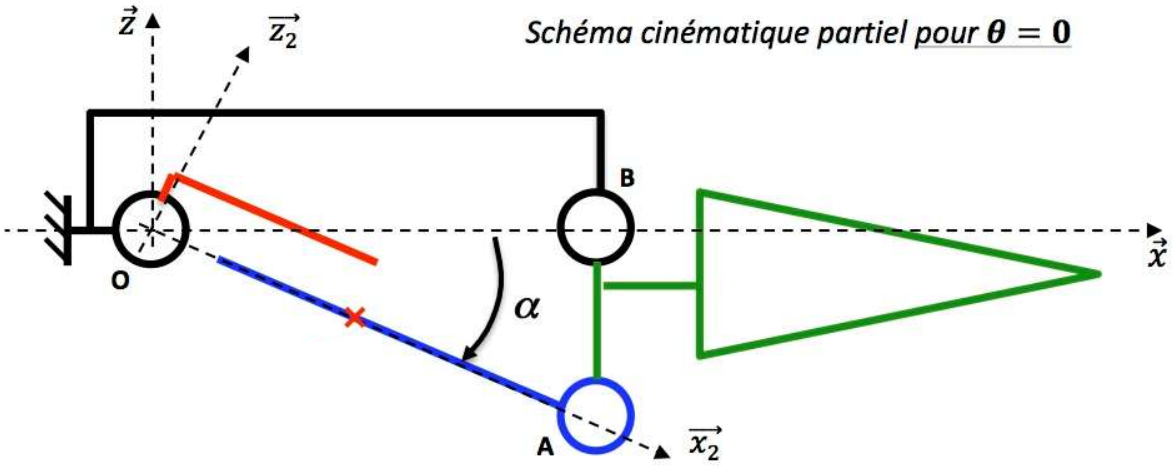
Paramétrage du mécanisme :

- **S1** : le Plan Horizontal Réglable (**PHR**), auquel on associe le repère $R_1(O,\vec{x},\vec{y},\vec{z})$ fixe.

On note $\overrightarrow{OB} = L.\vec{x}$

- **S2** : le **corps du vérin**, auquel on associe le repère $R_2(\ O,\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$ en rotation par rapport au PHR autour de l'axe $(O,\vec{y})$ tel que $\alpha = (\vec{x},\overrightarrow{x_2}) = (\vec{z},\overrightarrow{z_2})$.
- **S3** : la **tige du vérin**, à laquelle on associe le repère $R_3(\ A,\overrightarrow{x_3},\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3})$ en liaison pivot glissant d'axe $(\ O,\overrightarrow{x_2})$ avec le corps du vérin. On note $\overrightarrow{OA} = \lambda(t).\overrightarrow{x_2}$
- **S4** : la **gouverne**, à laquelle on associe le repère $R_4(B,\overrightarrow{x_4},\overrightarrow{y_4},\overrightarrow{z_4})$ en rotation par rapport au PHR autour de l'axe $(B,\vec{y})$ tel que $\theta = (\vec{x},\overrightarrow{x_4}) = (\vec{z},\overrightarrow{z_4})$. On note $\overrightarrow{AB} = D.\overrightarrow{z_4}$

Schéma cinématique partiel pour $\boldsymbol{\theta = 0}$



Q1. Représenter le graphe de liaisons du mécanisme.

Q2. Compléter le schéma cinématique proposé.

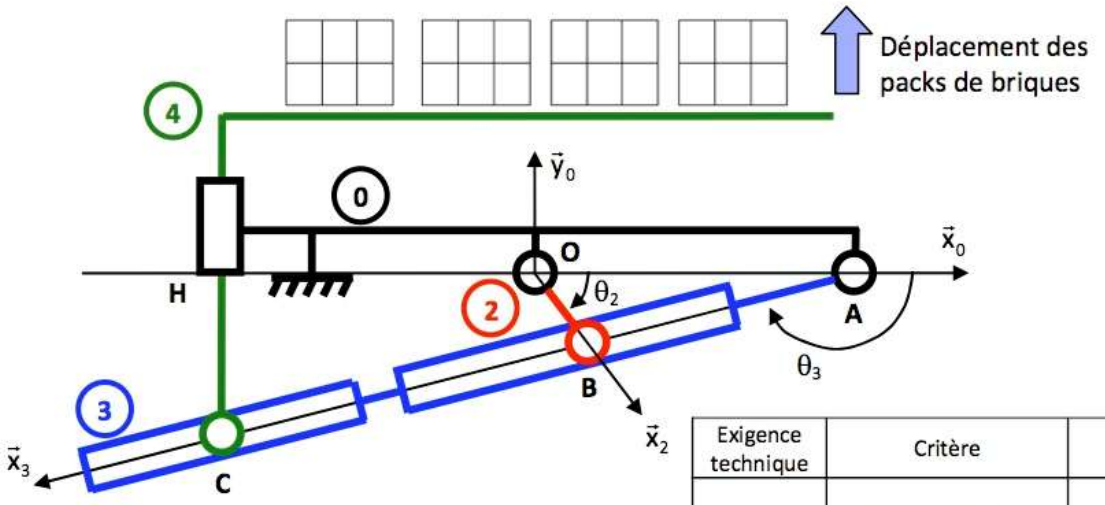
Q3. Poser les figures géométrales.

Q4. Identifier le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du mécanisme.

Q5. Déterminer la loi entrée-sortie du mécanisme.

Exercice 5 : ***Palettiseur pour l'industrie laitière***

Les briques de lait de 1L sont stockées par groupe de 6, et déposée sur des palettes (ce qui facilite leur transport dans les camions). Dans une chaîne de conditionnement de briques de lait, on utilise souvent des poussoirs qui poussent tout un lot de 6 briques de lait. On se propose d'étudier un de ces poussoirs dont on donne le modèle ci-dessous ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel. L'objectif d'étude est de vérifier si le système permet d'atteindre l'exigence demandée.



Exigence technique	Critère	Niveau
1.2	Amplitude de déplacement	50 cm mini

Le bâti 0 est fixe. Un motoréducteur anime en rotation la manivelle 2. Par l'intermédiaire d'une liaison en B, la manivelle 2 déplace la tige 3 en rotation autour de l'axe $(A, \vec{z}_0)$ qui déplace elle même le poussoir 4 en translation suivant l'axe $\vec{y}_0$.

Données : $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$; $\theta_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$; $\overrightarrow{AB} = \mu.\vec{x}_3$; $\overrightarrow{AC} = \lambda.\vec{x}_3$; $\overrightarrow{CH} = y.\vec{y}_0$; $\overrightarrow{OB} = R.\vec{x}_2$; $\overrightarrow{HA} = L.\vec{x}_0$ et ; $\overrightarrow{OA} = L_1.\vec{x}_0$; R = 0,15m ; L = 2.L_1 = 0,5m.

On se place en modèle plan. Les distances λ, μ et y sont variables.

Q1. Construire de graphe des liaisons du système et représenter les figures géométrales B_2/B_0 et B_3/B_0.

Q2. Écrire les équations de fermeture géométrique (OAB) en projection dans la base 0.

Q3. Écrire les équations de fermeture géométrique (HAC) en projection dans la base 0.

Q4. Identifier le paramètre cinématique d'entrée et le paramètre cinématique de sortie du système.

Q5. En déduire la loi entrée sortie du système $y = f(\theta_2)$.

Q6. Déterminer l'amplitude de déplacement (=course) du poussoir $\Delta y = y_{max} - y_{min}$ en remarquant que les positions extrêmes haute ou basse sont obtenues quand $\vec{x}_3$ et $\vec{x}_2$ sont orthogonaux, soit $\theta_2 = \pm 53°$.
Conclure vis à vis du cahier des charges.