

**Cycle 8 – Étude de l'équilibre d'un système complexe
grâce au Principe Fondamental de la Dynamique
(PFD)**

Radar de dépollution

À l'issue de ce TD, vous devez être capables de :

- Déterminer le calcul complet des inconnues de liaison ;
- Proposer une méthode permettant la détermination d'une inconnue de liaison.

Objectif: Vérifier le choix du système hydraulique pilotant le radar et déterminer les efforts sollicitant la liaison pivot (entre le bras et le bâti).

1. Introduction

Le radar géologique est un dispositif qui permet la détection d'objets enfouis dans le sol pour des profondeurs allant de 0,1 à 0,6 mètres (voir figure 1). La détection est effectuée par une antenne hyperfréquence qui balaye une zone située à l'avant d'un véhicule tout terrain. Cette technique de détection a, dans un premier temps, été développée dans le domaine militaire pour participer à des opérations de déminage ; on l'utilise maintenant à des fins écologiques de nettoyage d'un sous-sol pollué par des objets enfouis.

MLOOMEN

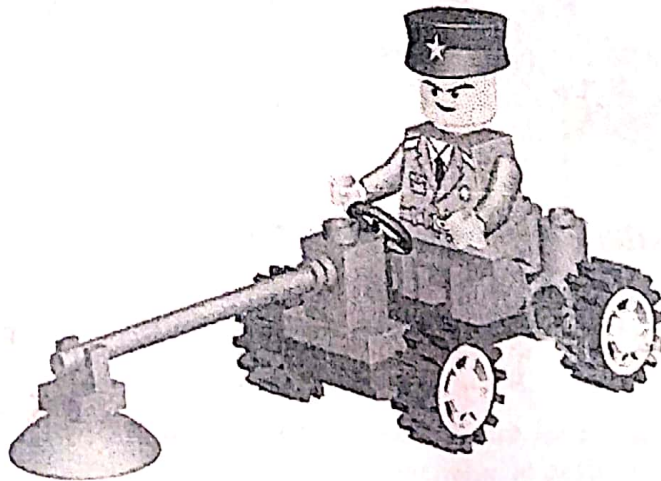


Figure 1 : radar de dépollution monté sur un véhicule

2. Principe de fonctionnement

Une vue tridimensionnelle du mécanisme est proposée figure 3. Le balayage par l'antenne de la zone à nettoyer est réalisé par une rotation d'axe vertical du bras support (2) actionné par un vérin hydraulique (3+4).

Le vérin est décrit figure 2. Les diamètres internes et externes sont notés : $D_i = 12 \text{ mm}$ et $D_e = 24 \text{ mm}$. Il est alimenté par un système hydraulique délivrant une pression de 160 bars.

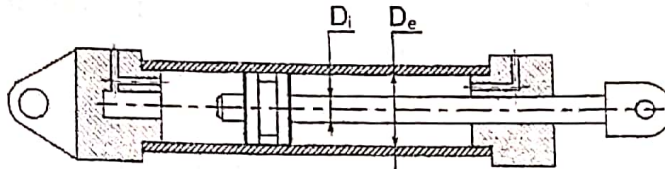


Figure 2 : vérin hydraulique

3. Extrait de cahier des charges

L'angle total de balayage est de 120 degrés. La durée d'un mouvement d'aller-retour pour un balayage est de 10 s, ce qui permet de négliger les effets d'inertie et donc de conduire l'étude en statique. Le système peut être utilisé sur des pentes pouvant aller jusqu'à 20 %. Le poids du bloc radar vaut 400 N.

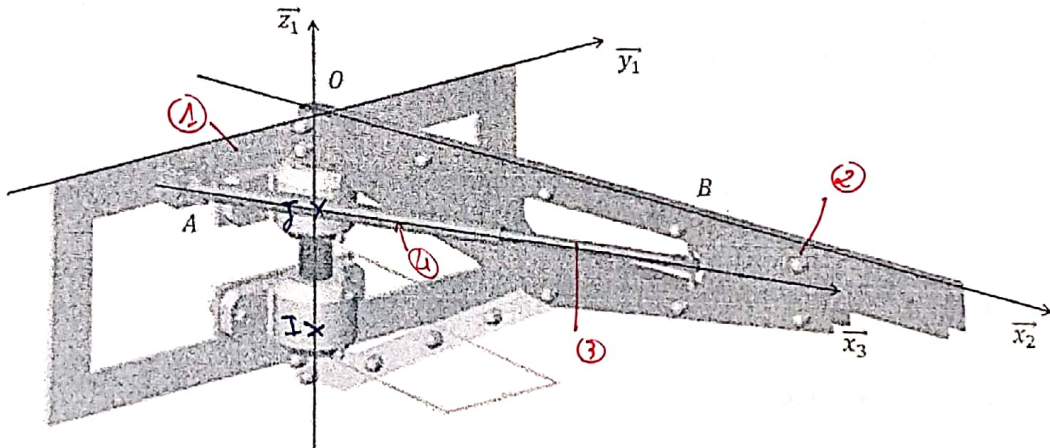
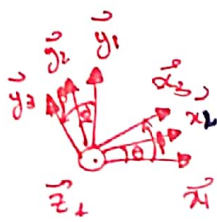
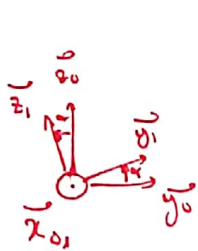


Figure 3 : vue en perspective du bras de support du radar monté sur un véhicule



$$\text{B2L1} \quad \begin{Bmatrix} 1 \rightarrow 2 \\ I \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_I & 0 \\ Y_I & 0 \\ Z_I & 0 \end{Bmatrix}_{I, B_1}$$

$$\begin{Bmatrix} 1 \rightarrow 2 \\ J \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_J & 0 \\ Y_J & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{J, B_1}$$

$$\begin{Bmatrix} 3 \rightarrow 2 \\ B \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F(3 \rightarrow 2) \vec{x}_3 \\ 0 \end{Bmatrix}_B$$

$$\begin{Bmatrix} \text{pes} \rightarrow 2 \\ C \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -mg \vec{z}_0 \\ 0 \end{Bmatrix}_C$$

TRS

$$\vec{z}_0 = \vec{z}_1 \cos \alpha + \vec{y}_1 \sin \alpha$$

$$\vec{x}_3 = \vec{x}_1 \cos \beta + \vec{y}_1 \sin \beta$$

⇒

$$X_I \vec{x}_1 + X_J \vec{x}_1 + F(3 \rightarrow 2) (\vec{x}_1 \cos \beta + \vec{y}_1 \sin \beta) - mg (\vec{z}_1 \cos \alpha + \vec{y}_1 \sin \alpha) = 0$$

$$X_I + X_J + F_3$$

$$\vec{x}_1: X_I + X_J + F_{3/2} \cos \beta = 0$$

$$\vec{y}_1: Y_I + Y_J + F_{3/2} \sin \beta - mg \sin \alpha = 0$$

$$\vec{z}_1: Z_I - mg \cos \alpha = 0$$

4. Paramétrage du problème

On pose \vec{z}_0 le vecteur vertical ascendant (figure 4) et \vec{x}_0 un vecteur horizontal parallèle à l'axe arrière-avant du véhicule. Le véhicule est sur un terrain en pente de sorte que \vec{y}_1 soit parallèle à la direction gauche-droite du véhicule et corresponde à la ligne de plus grande pente du terrain. On note α l'angle entre l'horizontale et la pente du terrain.

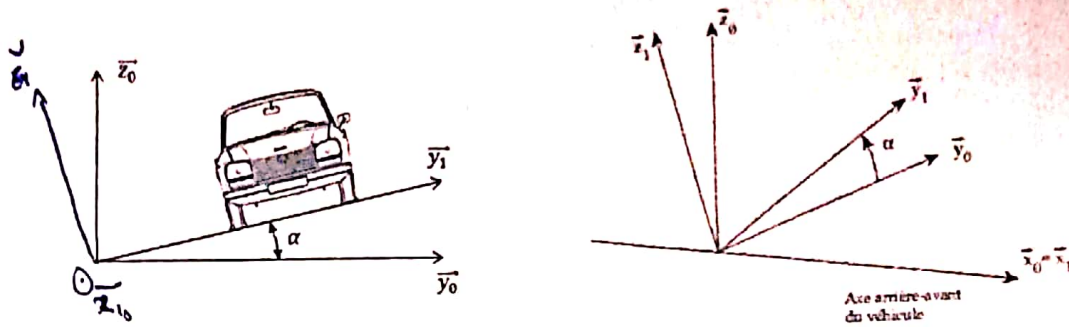


Figure 4 : extrait de paramétrage

- $R_1(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est un repère attaché au véhicule 1 et incliné de α autour de \vec{x}_0 par rapport au repère 0 ;
- Un repère R_2 , en rotation par rapport à R_1 autour d'un axe (O, \vec{z}_1) paramétrée par l'angle $\theta = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$, est lié au bras ;
- Un repère R_3 , en rotation par rapport à R_1 autour d'un axe (A, \vec{z}_1) paramétrée par l'angle $\beta = (\vec{x}_1, \vec{x}_3)$, est lié au vérin.

Les liaisons entre les solides sont modélisées par les liaisons suivantes :

- rotule en A entre le bâti (0+1) et le corps du vérin (4) ;
- pivot d'axe (O, \vec{z}_1) entre le bâti (0+1) et le bras (2) ;
- rotule B entre la tige du vérin (3) et le bras (2).

Données géométriques : $\vec{AO} = l_1 \vec{y}_1$; $\vec{OB} = l_2 \vec{x}_2$; $\vec{OG} = L \vec{x}_2$ ($G \approx$ centre de gravité du radar)

5. Validation du choix du vérin et du groupe hydraulique

Objectif: dans cette première partie, on cherche à vérifier que le groupe hydraulique choisi lors de la conception permet de garantir le bon fonctionnement du radar lors d'une dépollution sur un terrain de pente maximale.

Qu. 1: donner le graphe de structure du mécanisme. Écrire les torseurs d'actions mécaniques transmissibles dans les liaisons, de pesanteur sur le bloc radar, et de l'huile sur la tige (3).

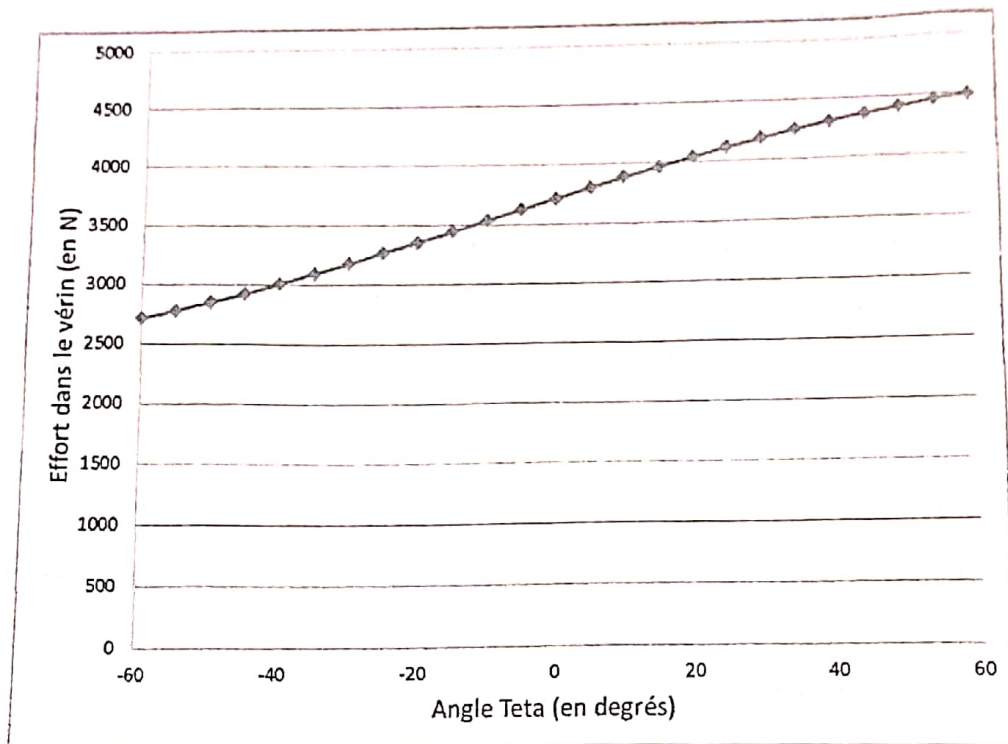
Qu. 2: à partir de la représentation du radar figure 3, donner un schéma cinématique minimal du mécanisme complet.

Qu. 3: quelles sont les grandeurs influentes sur la puissance à développer par le vérin ?

Qu. 4: déterminer la relation entre l'effort dans le vérin et les grandeurs influentes. Pour cela vous mettez en place une démarche de résolution pertinente.

Qu. 5 : Pourrait-on obtenir une relation dans laquelle l'angle β n'interviendrait pas ? Donner la méthode sans expliciter les calculs.

Cette relation peut être obtenue et est tracée ci-dessous pour un angle α correspondant à une pente de 20%.



Qu. 6 : vérifier que le vérin et le groupe hydraulique choisis permettent de valider le critère de pente maximale imposé par le cahier des charges.

6. Calcul des efforts dans les roulements qui réalisent la liaison pivot.

La liaison pivot est réalisée par deux roulements à billes. Ces roulements sont modélisés par une liaison rotule en I et une liaison linéaire-annulaire en J (Figure 3). On note $\vec{I}J = h\vec{z}_1$.

Objetif : dans cette deuxième partie, on cherche à déterminer les actions mécaniques transmises par chacun de ces roulements.

Qu. 7 : est-il possible de calculer les inconnues des liaisons rotule et linéaire-annulaire ? Vous cherchez pour cela le nombre total d'inconnues et d'équations restantes.

Qu. 8 : déterminer la liaison équivalente à l'ensemble {Rotule + linéaire annulaire}.

Qu. 9 : en déduire les inconnues de liaison de la rotule et de la linéaire annulaire en fonction de l'expression du torseur statique de la liaison pivot.