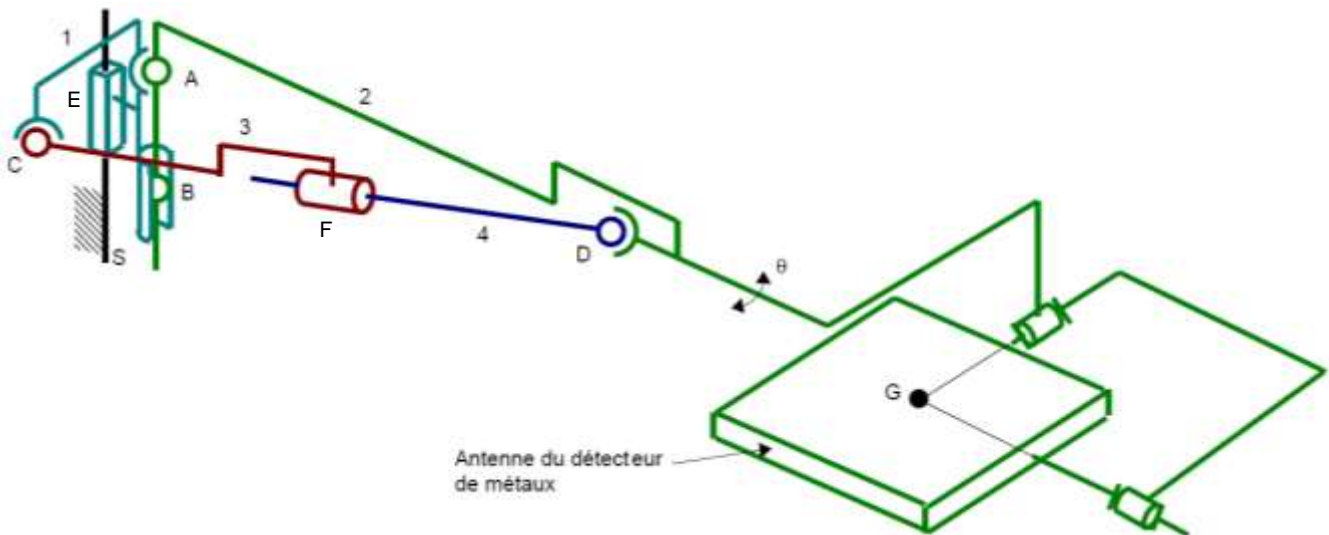
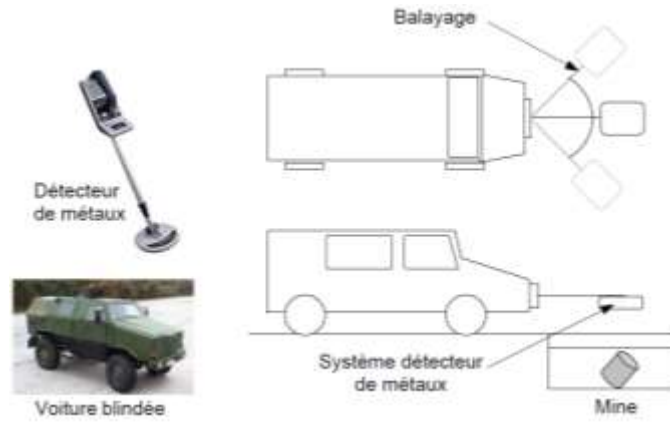


Système de positionnement de radar

Afin d'assurer la sécurité des personnes chargées de déminer les terrains militaires, les ingénieurs ont imaginé d'intégrer un détecteur de métaux à un véhicule blindé. Grâce à ce système, les démineurs peuvent rester à l'abri dans le véhicule au cas où la mine venait à exploser.

On donne ci-dessous le schéma d'architecture de la solution retenue ainsi qu'un extrait du cahier des charges fonctionnel.



Exigences	Critères	Niveaux
...
Le système doit permettre de positionner un radar par rapport à un véhicule.	Balayage angulaire à effectuer Masse radar à déplacer	$\pm 60^\circ$ 40 Kg
...

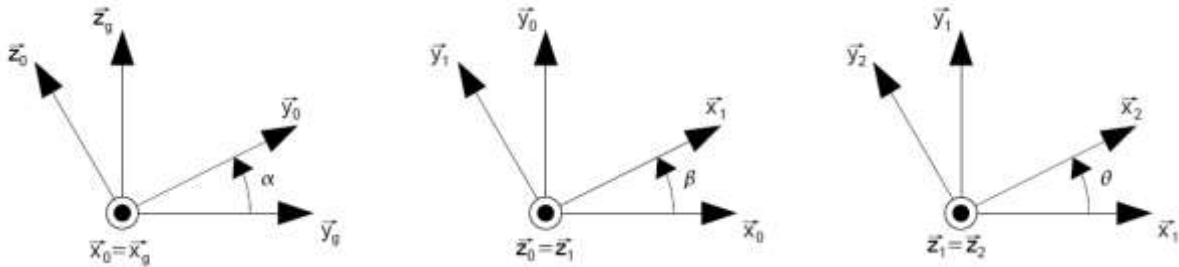
Le balayage par l'antenne de la zone à nettoyer est réalisé grâce à la rotation d'axe (AB) de la pièce 2 actionnée par un vérin hydraulique 3-4. L'antenne du détecteur de métaux est fixée sur un support permettant une double rotation suivant deux axes perpendiculaires de façon à ce qu'elle puisse toujours rester parallèle au sol. Ces deux rotations sont générées par deux moteurs électriques. Le support S est fixé sur le châssis du véhicule. Le support peut être réglé en hauteur par rapport au châssis du véhicule par un vérin.

L'objectif de cette étude est de vérifier que le positionneur de radar permet de satisfaire ou non les critères de balayage angulaire à effectuer et de masse de radar à déplacer.

Hypothèses de modélisation :

- La pesanteur n'agit que sur l'antenne en son centre G.
- La base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est liée au sol. Le sol est en pente selon un angle $\alpha = 15^\circ$ par rapport à la verticale ascendante de la base $(\vec{x}_g = \vec{x}_0, \vec{y}_g, \vec{z}_g)$.
- La base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1 = \vec{z}_0)$ est liée au véhicule 1 qui se déplace sur le sol selon un angle β ($0 \leq \beta \leq 2.\pi$).

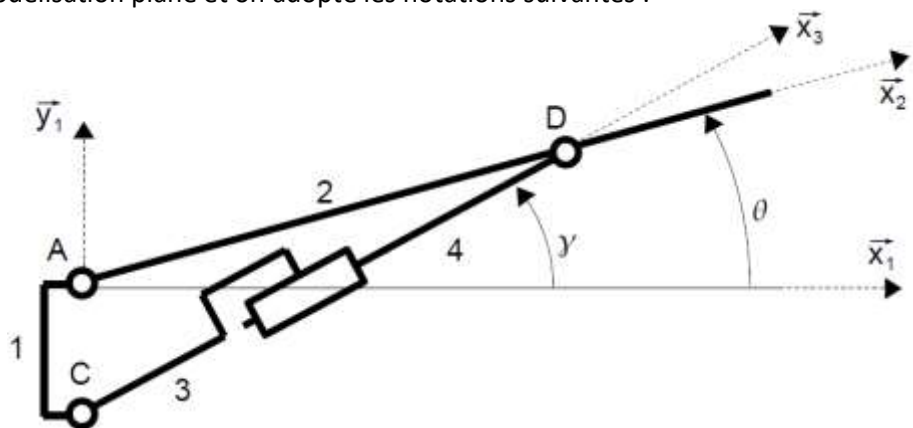
- La base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2 = \vec{z}_1)$ est liée au bras 2 du positionneur de radar. La position du bras 2 par rapport à la voiture est paramétrée par l'angle θ .
- La section du vérin 3-4 est notée S_p .
- La pression dans le vérin est notée p , et est supposée constante.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites.



Etude du critère de balayage angulaire

On se place dans le cas d'une modélisation plane et on adopte les notations suivantes :

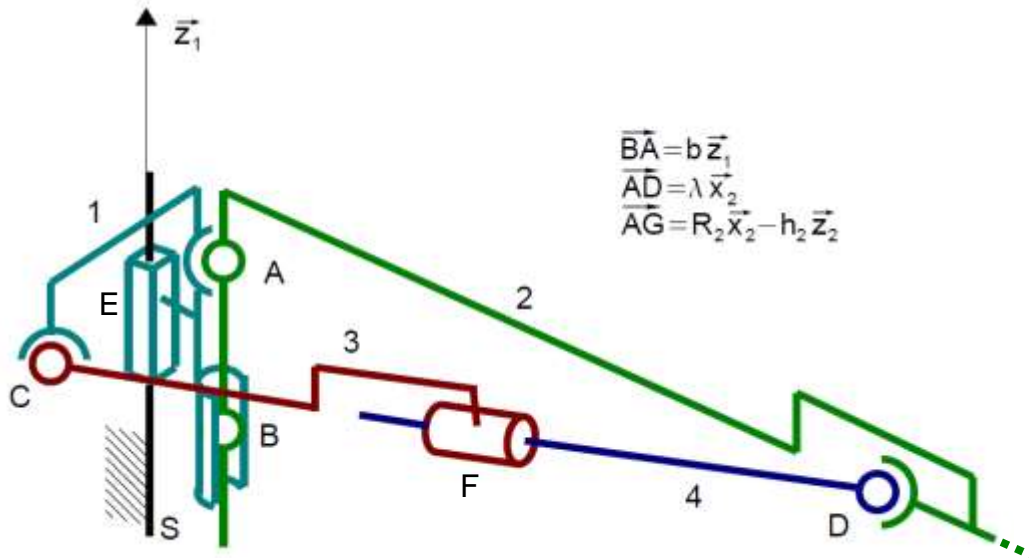
$$\begin{aligned} \overrightarrow{CD} \cdot \vec{x}_3 &= x \\ \overrightarrow{AC} \cdot \vec{y}_1 &= -d \\ \overrightarrow{AD} \cdot \vec{x}_2 &= \lambda \end{aligned}$$



- Q.1.** Exprimer l'angle de balayage θ en fonction de la longueur du vérin x . Cette relation fera intervenir d et λ .
- Q.2.** On donne $d = 230\text{mm}$ et $\lambda = 710\text{ mm}$. Le vérin 3-4 permet de faire varier la distance CD entre 500 et 920 mm . Conclure quant à la capacité du positionneur de radar à satisfaire le critère de balayage angulaire du cahier des charges.

Etude du critère de masse à déplacer

On retient le modèle 3D suivant. (Le solide 2 comprend l'antenne et son support orientable)



Q.3. Etablir le graphe de structure du système. Indiquer sur ce graphe le nombre d'inconnues des torseurs d'actions mécaniques transmissibles par chacune des liaisons.

L'action mécanique transmissible par la liaison rotule en A est modélisée par le torseur suivant :

$$\left\{ F_{\text{rotule } 1 \rightarrow 2} \right\} = \left\{ \begin{matrix} X_{12} & 0 \\ Y_{12} & 0 \\ Z_{12} & 0 \end{matrix} \right\}_{(B1) \text{ A}}$$

L'action mécanique transmissible par la liaison linéaire annulaire en B d'axe (B, \vec{z}_1) est modélisée par le torseur suivant :

$$\left\{ F_{\text{lin annulaire } 1 \rightarrow 2} \right\} = \left\{ \begin{matrix} X'_{12} & 0 \\ Y'_{12} & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_{(B1) \text{ B}}$$

L'action mécanique de la pesanteur sur le solide 2 est modélisée par le torseur suivant :

$$\left\{ F_{\text{pesanteur} \rightarrow 2} \right\} = \left\{ \begin{matrix} -P \cdot \vec{z}_g \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_G$$

Q.4. Donner la forme des torseurs d'actions transmissibles des liaisons 1-3, 3-4 et 2-4 dans la base 3 conformément à la notation imposée ci-dessous.

Action mécanique exercée par le solide i sur le solide j au point P dans la base 3 :

$$\left\{ F_{i \rightarrow j} \right\}_P = \left\{ \begin{matrix} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{matrix} \right\}_{(B3)}$$

avec $\vec{R}_{i \rightarrow j} = X_{ij} \cdot \vec{x}_3 + Y_{ij} \cdot \vec{y}_3 + Z_{ij} \cdot \vec{z}_3$ et $\vec{M}_{P(i \rightarrow j)} = L_{ij} \cdot \vec{x}_3 + M_{ij} \cdot \vec{y}_3 + N_{ij} \cdot \vec{z}_3$

Q.5. Déterminer les directions de $\vec{R}_{1 \rightarrow 3}$ et de $\vec{R}_{2 \rightarrow 4}$ puis en déduire des simplifications dans les torseurs précédents.

Q.6. Déterminer l'expression de $\left\| \vec{R}_{2 \rightarrow 4} \right\|$ en fonction de p et S_p .

Q.7. En isolant un solide judicieux et en écrivant une seule équation du PFS, déterminer l'expression de X_{42} en fonction de P et des paramètres géométriques utiles.

On donne : $\vec{BA} = 180 \cdot \vec{z}_0$; $\vec{AC} = -230 \cdot \vec{y}_1$; $\vec{AD} = 710 \cdot \vec{x}_2$; $\vec{AG} = 1200 \cdot \vec{x}_2 - 270 \cdot \vec{z}_2$ où les dimensions sont en mm.
 $P = 400 \text{ N}$; $S = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Q.8. Calculer la valeur de la pression p maximale pour la position $\theta = 0^\circ$ (et donc $\gamma = 18^\circ$) et $\beta = 0^\circ$ avec les valeurs numériques données.

Q.9. Le vérin utilisé peut supporter une pression de 10 bars maximum. Conclure quant à la capacité du système à satisfaire le critère de masse de radar à déplacer.

Système triangulé – Etude d’un pont

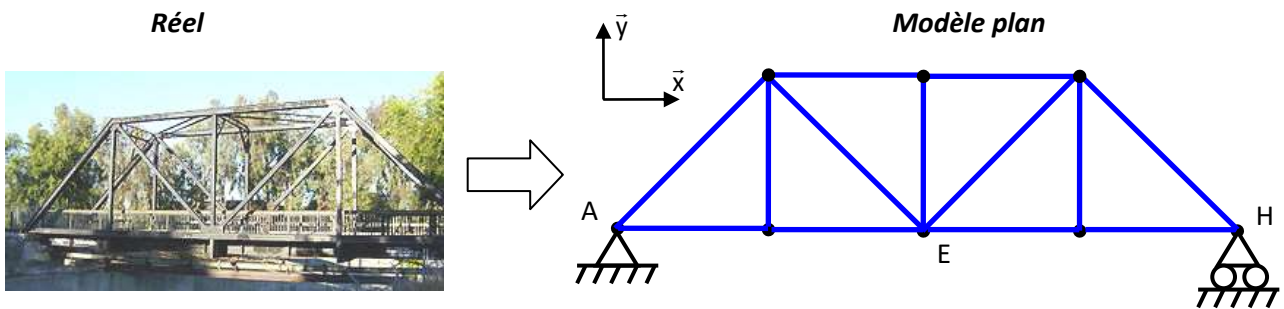
Un treillis (ou système triangulé) est un assemblage de barres verticales, horizontales et diagonales formant des triangles de sorte que la déformabilité soit réduite lorsqu'il est soumis à un effort. Cette structure est devenue courante en construction à partir de la révolution industrielle pour des ponts, avions... Cette préférence d'utilisation découle de l'efficacité de l'assemblage et de la possibilité de pré-fabriquer les treillis avant montage final sur le site de construction.



Les calculs de treillis ou structures sont une application de la statique. Pour mener les calculs, on considère les hypothèses suivantes :

- Le poids des barres est négligé.
- Les liaisons sont toutes des rotules parfaites (ou des pivots parfaites dans le cas d'un treillis plan), les barres peuvent librement tourner les unes par rapport aux autres. En effet, même si les poutres sont fixes entre elles, si l'on applique un effort transversal à une extrémité d'une barre, le moment de la force à l'autre extrémité et la concentration de contrainte à l'angle feront que l'articulation bougera, ce qui mènera à la rupture.
- Les charges extérieures sont appliquées aux nœuds.
- Toutes les barres horizontales et verticales sont de longueur L.

Ces hypothèses sont indispensables pour les calculs à la main. L'utilisation de logiciels permet de s'affranchir de ces hypothèses, notamment en prenant en compte la déformation des barres. La résistance de chacune des barres relève de la résistance des matériaux. On s'intéresse donc à un pont en treillis dont on donne le modèle plan.



Exigences	Critères	Niveaux
Le système doit résister au poids des véhicules
	Poutres supérieures	Sollicitées en compression
	Poutres inférieures	Sollicitées en traction

On suppose que le pont est soumis à l'action mécanique d'un véhicule modélisée par une force $\vec{F}_{\text{véhicule} \rightarrow \text{pont}} = -2.F.\vec{y}$ au point E. Le pont est en appui avec le sol aux points A et H.

- Q.1.** Déterminer les composantes X_A , Y_A et Y_H des actions mécaniques de contact aux points A et H.
- Q.2.** En supposant toutes les barres sont tendues et en appliquant la méthode des nœuds, calculer les actions mécaniques dans chacune des barres de la structure.
- Q.3.** Identifier les barres tendues et les barres comprimées et conclure vis-à-vis du cahier des charges.

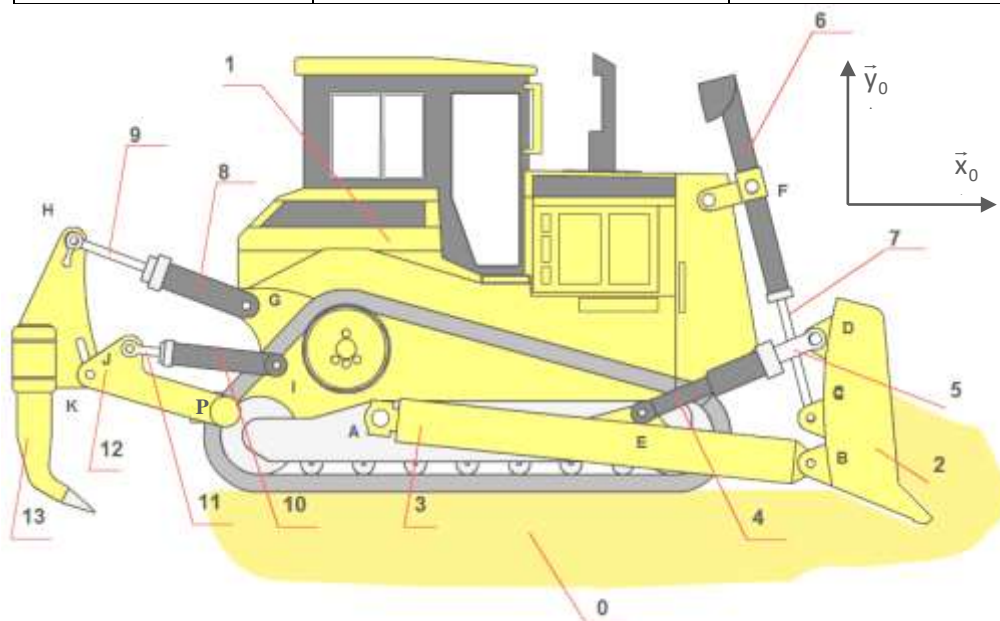
Griffe et lame de bulldozer

Un bulldozer est une pelle niveleuse montée sur un tracteur à chenilles. Il est équipé d'une lame à l'avant et d'une griffe à l'arrière utiles pour le terrassement des sols.

L'objectif de cette étude est de déterminer toutes les actions mécaniques agissant sur les vérins hydrauliques qui actionnent la lame et griffe afin de vérifier une performance du bulldozer dont on donne un extrait partiel du cahier des charges fonctionnel.



Exigences techniques	Critères	Niveaux
E.1.5	... Pression dans circuit hydraulique 350 Bars maxi ...

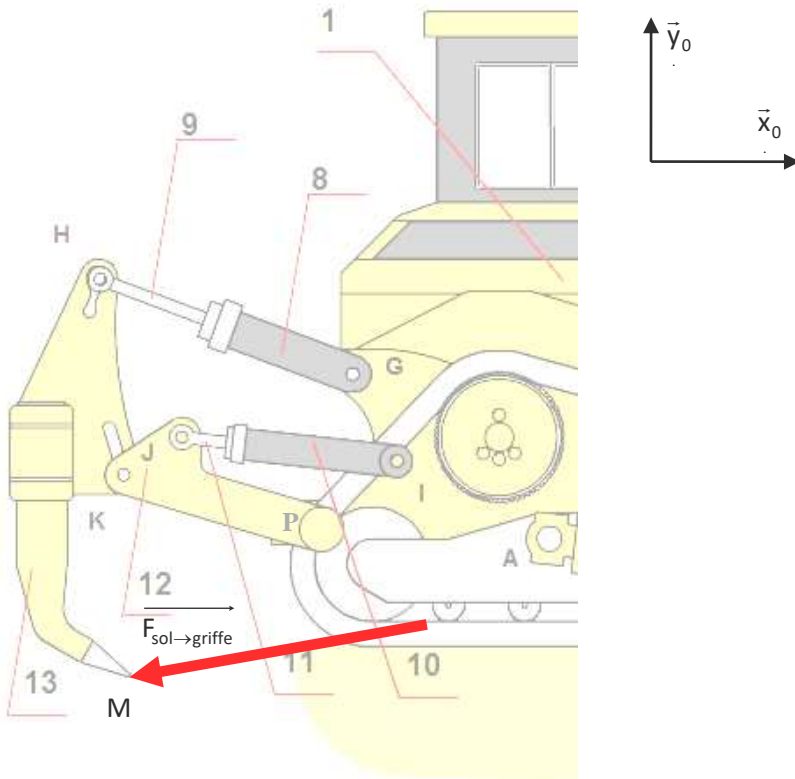


La lame 2 est rattachée au bulldozer 1 par l'intermédiaire de la pièce 3 ainsi que les deux vérins 7+6 et 5+4. La griffe 13 est rattachée au bulldozer par l'intermédiaire de la pièce 12 et du vérin 8+9. Les liaisons aux points A, B, C, D, E, F, G, H, I et J sont des liaisons pivot parfaite suivant l'axe \vec{z}_0 . La pièce 12 est reliée à la griffe 13 au point K grâce à une rainure. Tous les vérins ont une surface de piston identique de $2500.\pi \text{ mm}^2$.

- Q.1.** La terre exerce sur la griffe une action mécanique $\vec{F}_{\text{sol} \rightarrow \text{griffe}}$ au point M donnée sur le document réponse 1. Résoudre graphiquement le problème pour déterminer la pression dans les deux vérins actionnant la griffe.
- Q.2.** La terre exerce sur la lame une action mécanique $\vec{F}_{\text{sol} \rightarrow \text{lame}}$ au point N donnée sur le document réponse 2. Résoudre graphiquement le problème pour déterminer la pression dans les deux vérins actionnant la lame.
- Q.3.** Conclure vis-à-vis du cahier des charges quant aux performances obtenues.

Document réponse 1 :

Echelle :
1cm = 50 kN



Document réponse 2 :

