Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle

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.

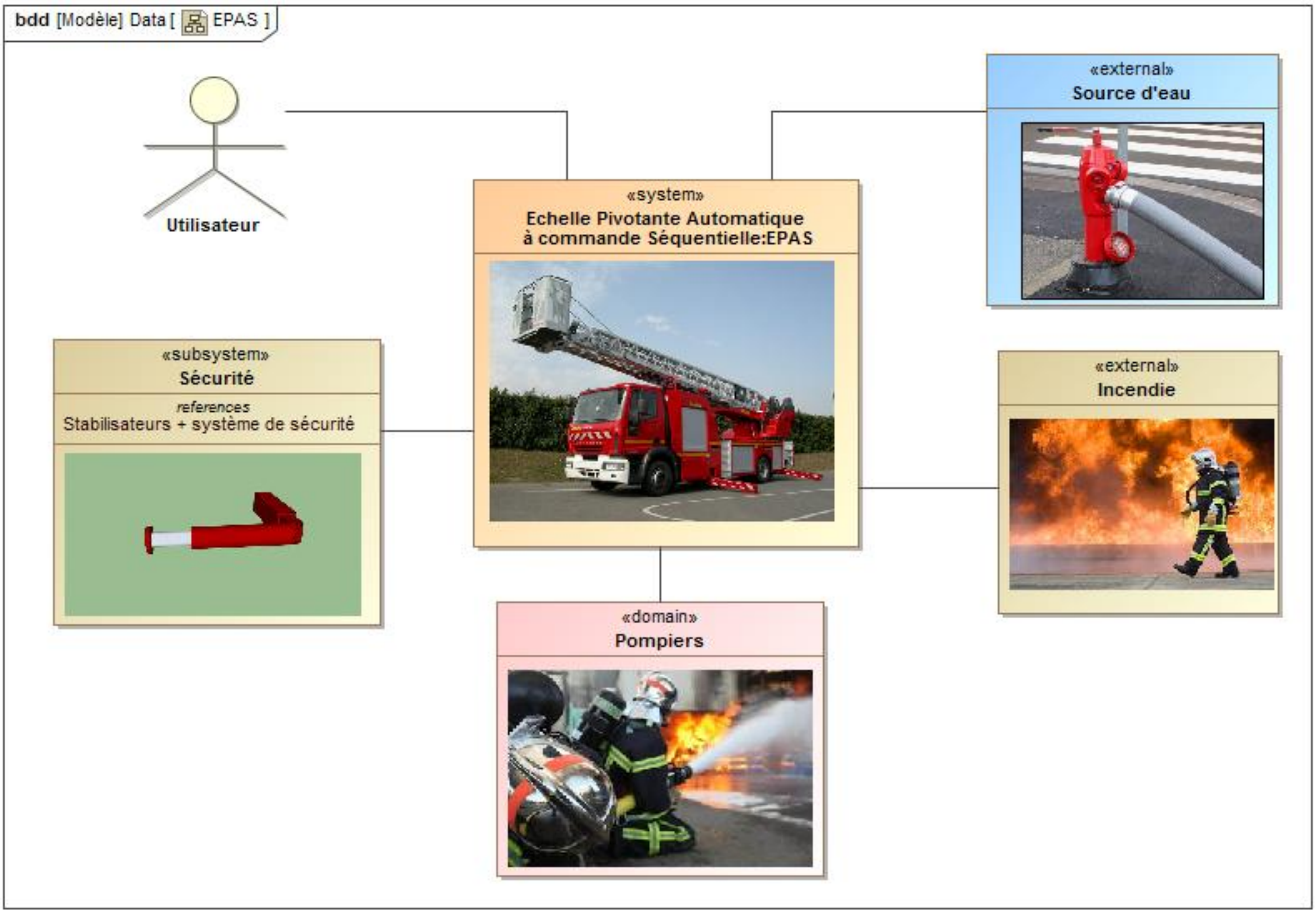

Figure 1 : Diagramme de contexte

Le déplacement de la plate-forme est réalisé suivant trois axes : voir figure 2

- Le déploiement du parc échelle (axe 1) : Chaque plan de l'échelle peut se translater par rapport aux autres ; seul le quatrième plan d'échelle est solidaire du berceau.
- Le pivotement autour de l'axe Y (axe 2) : La tourelle 1 peut pivoter par rapport au châssis autour d'un axe vertical.
- La rotation autour de l'axe Z (axe 3) : Le berceau peut tourner par rapport à la tourelle 2 autour d'un axe horizontal.

La plateforme est prévue pour recevoir deux personnes et un brancard soit une charge d'environ 270kg. Lors des mouvements de l'échelle, la plateforme doit rester horizontale.

- La correction d'aplomb oriente la plate-forme autour d'un axe horizontal parallèle à l'axe Z.
- L'échelle étant de longueur variable, l'utilisation de l'énergie hydraulique disponible au niveau du véhicule imposerait de raccorder la plateforme avec des canalisations de longueur variable entre des valeurs très éloignées.
- La solution retenue est donc une chaîne d'action comportant un moteur hydraulique.

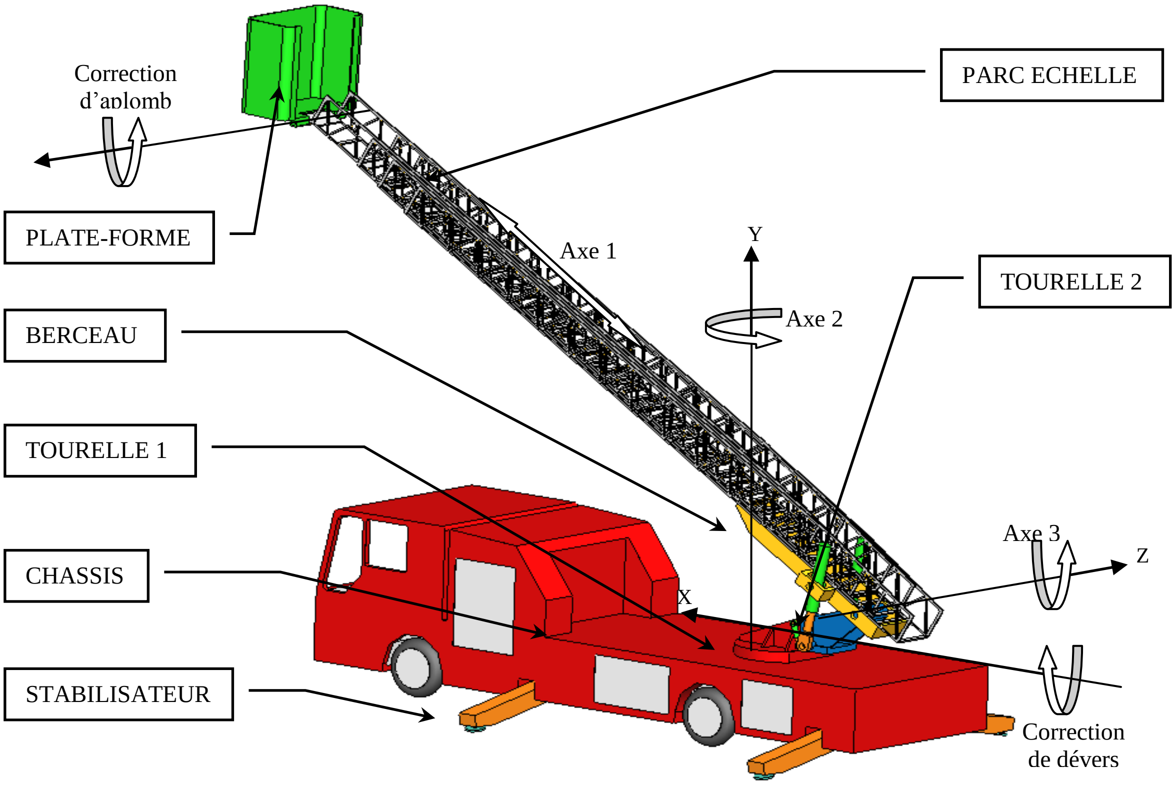

Figure 2

ETUDE DE L'AXE 3 ET DE LA PLATE FORME

Le système de dressage/abaissement réalise la rotation du parc-échelle autour de l' axe horizontal Z.

On propose le paramétrage sur le système de la figure 3 puis sur le schéma cinématique de la figure 4.

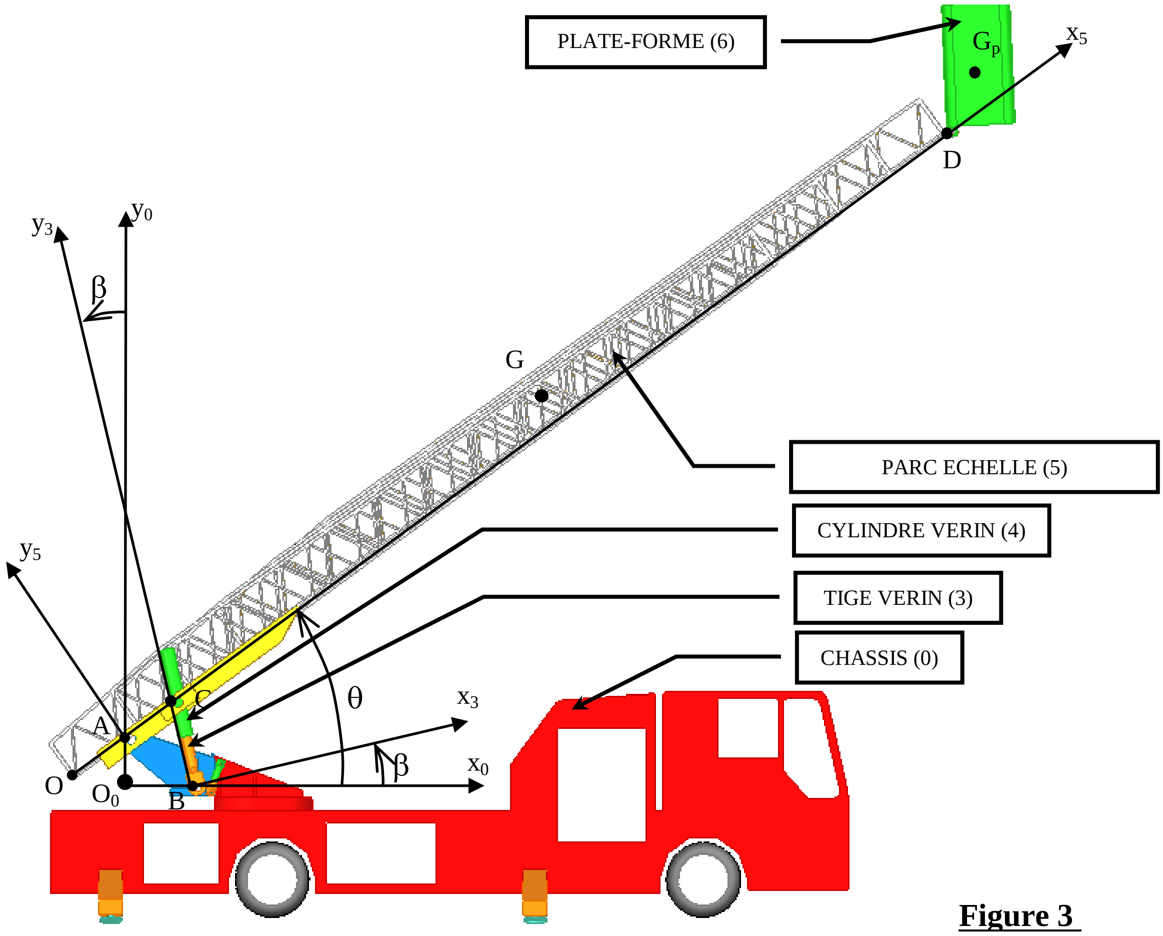

Figure 3

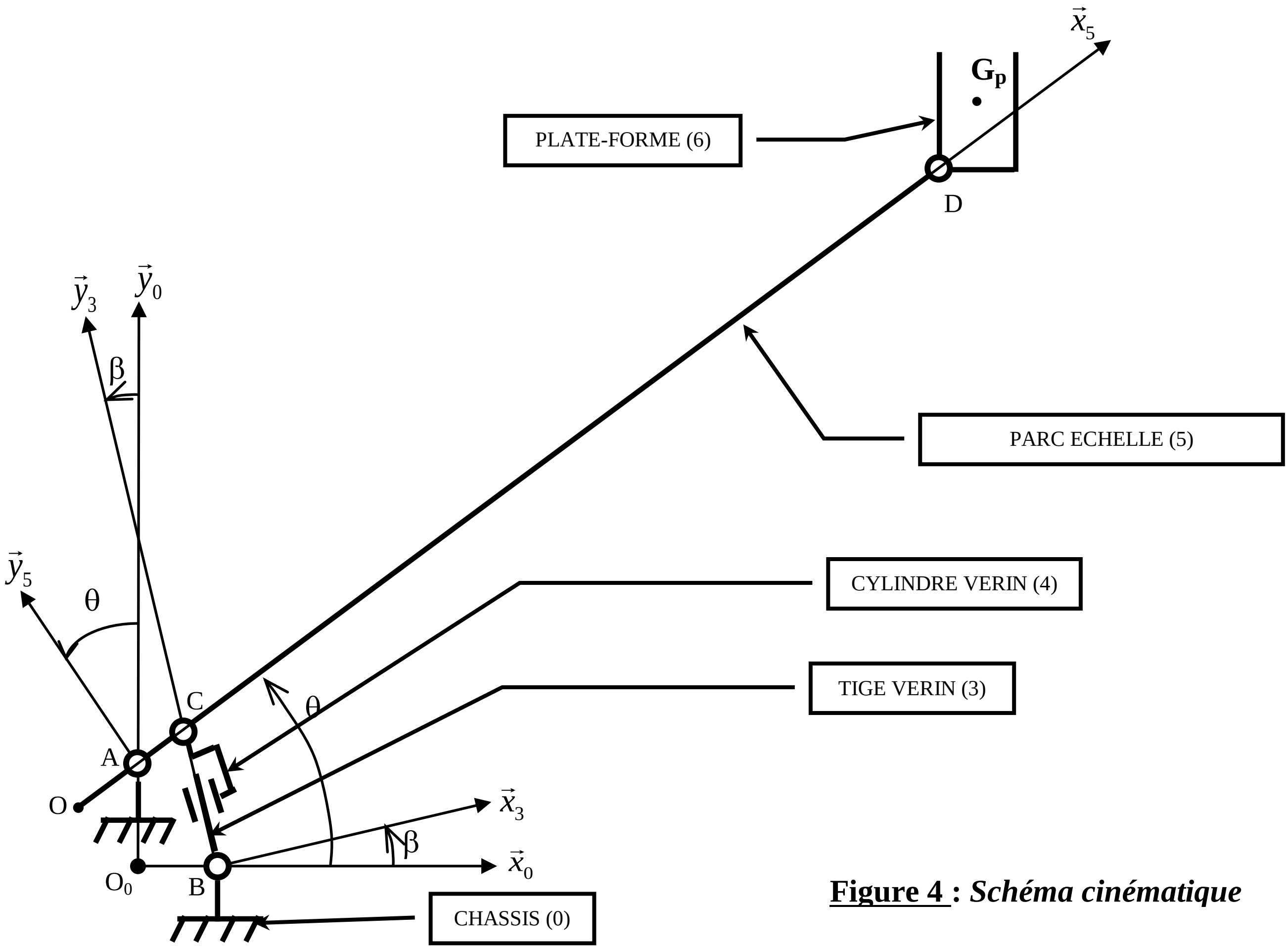

Figure 4 : ***Schéma cinématique***

Paramétrage :

Le repère $R_0 = (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est lié au châssis fixe (0), avec : $\overrightarrow{O_0A} = a \cdot \vec{y}_0$ et $\overrightarrow{O_0B} = b \cdot \vec{x}_0$.

Le repère $R_5 = (A, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_0)$ est lié à l'ensemble parc échelle(5), avec : $(\vec{x}_0, \vec{x}_5) = (\vec{y}_0, \vec{y}_5) = \theta$; $\overrightarrow{OA} = d\vec{x}_5$; $\overrightarrow{AC} = c \cdot \vec{x}_5$; $\overrightarrow{AD} = H \cdot \vec{x}_5$.

Le repère $R_3 = (B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ est lié à la tige du vérin (3), avec: $\overrightarrow{BC} = y(t) \cdot \vec{y}_3$; $(\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3) = \beta$.

Les liaisons aux points A, B et C sont des liaisons pivots d'axe $\vec{z}_0$.

Le cylindre creux du vérin (4) est en liaison pivot glissant d'axe $(C, \vec{y}_3)$ avec la tige (3).

La plate forme (6) de centre d'inertie G_p est en liaison pivot d'axe $(D, \vec{z}_0)$ avec le parc-échelle (5) : $\overrightarrow{DG_p} = x_G \vec{x}_0 + y_G \vec{y}_0$

On tiendra compte que la plate-forme reste toujours horizontale.

Partie I : Etude cinématique

Questions :

Q1. *Calculer les vecteurs vitesses :* $\vec{V}(D \in 5/R_0)$ *et* $\vec{V}(G_P \in 6/R_0)$.

Q2. *Déduire la nature de mouvement de la plate forme (6) par rapport au châssis (0).*

Q3. *En faisant une fermeture géométrique, déterminez la position* $y(t)$ *en fonction de l'angle* $\theta(t)$ *et des paramètres géométriques.*

Q4. *En faisant une fermeture de chaîne cinématique, déterminez la vitesse de sortie du vérin* $\dot{y}(t)$ *en fonction de la vitesse angulaire* $\dot{\theta}(t)$ *et des paramètres géométriques.*

Partie II **: Etude dynamique**

L'objet de cette étude est de :

- Déterminer le couple du moteur permettant de maintenir la plate forme horizontale.
- Déterminer l'effort du vérin nécessaire pour le déplacement de l'ensemble (5+6).

Le problème étant plan, donc l'action mécanique dans une liaison pivot d'axe $(M_{ij},\vec{z}_0)$ entre deux solides (i) et (j) sera modélisée par le glisseur :

$$\{\tau(i\to j)\}=\begin{Bmatrix}\overrightarrow{R(i\to j)}\\ \vec{0}\end{Bmatrix}_{M_{ij}}=\begin{Bmatrix}X_{ij} & -\\ Y_{ij} & -\\ - & N_{ij}\end{Bmatrix}_{(M_{ij},\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$ avec $\overrightarrow{R(i\to j)}$ située dans le plan $(\vec{x}_i,\vec{y}_i)$.

On propose le paramétrage suivant :

- **Parc-échelle (5) :**

  Le parc-échelle (5) est de masse **m** et de centre de gravité G tel que : $\overrightarrow{OG}=\frac{L}{2}\cdot\vec{x}_5+\frac{h}{3}\cdot\vec{y}_5$.

  La matrice d'inertie du parc échelle au point G dans la base $\vec{x}_5,\vec{y}_5,\vec{z}_0$:

$$\overline{\overline{I}}(G,5)=\begin{bmatrix}A_G & 0 & 0\\ 0 & B_G & 0\\ 0 & 0 & C_G\end{bmatrix}_{\vec{x}_5,\vec{y}_5,\vec{z}_0}.$$

- **vérin (3+4) :**

  La masse du vérin hydraulique (3+4), est négligée devant les autres masses.

  L'huile sous pression du vérin hydraulique (3+4) devra exercer un effort, modélisé par un glisseur de résultante $\vec{F}_v=F_v\,\vec{y}_3$, permettant de déplacer l'ensemble (5+6) :

$$\{\tau(\text{Huile}\to 4)\}=\begin{Bmatrix}F_v\,\vec{y}_3\\ \vec{0}\end{Bmatrix}_C.$$

- **Plate forme chargée (6):**

  Pendant le dressage ou l'abaissement, la plate-forme reste toujours horizontale.

  Sa masse une fois chargée sera notée **M** et son centre de gravité est le point G_P tel que : $\overrightarrow{DG_p}=x_G\vec{x}_0+y_G\vec{y}_0$.

La matrice d'inertie de la plate au point Gp dans la base $\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0$:

$$\overline{\overline{I}}(G_p,6) = \begin{bmatrix} A_{Gp} & 0 & 0 \\ 0 & B_{Gp} & 0 \\ 0 & 0 & C_{Gp} \end{bmatrix}_{\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0}$$

La plate forme (6) est maintenue horizontale grâce à un moteur hydraulique exerçant un couple :

$$\{\tau(\text{Moteur} \rightarrow 6)\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_m\, \vec{z}_0 \end{Bmatrix}_D .$$

- Toutes les liaisons seront considérées parfaites.
- L'accélération de la pesanteur : $\vec{g} = -g.\vec{y}_0$

Questions :

Q5. *Etablir le graphe d'analyse des actions mécaniques.*

Q6. *Déterminer le couple moteur C_m* en fonction de Θ, ses dérivées et des données du problème. *Expliquez la démarche (l'isolement et le théorème appliqué).*

Q7. *Montrer que la résultante de l'action mécanique du cylindre **(4)** du vérin sur l'échelle **(5)** peut se mettre sous la forme :* $\overrightarrow{R}(4 \rightarrow 5) = R_{45}\, \vec{y}_3$.

Q8. *En appliquant le théorème de la résultante dynamique au cylindre **(4)** en projection sur $\vec{y}_3$, exprimer R_{45} en fonction de F_V.*

Q9. *En isolant l'ensemble (E) = {5,6}, et en appliquant l'un des deux théorèmes généraux de votre choix, déterminer l'effort **F_V** du vérin en fonction de l'angle $\theta(t)$, ses dérivées, des masses et des paramètres géométriques.*

Q10. *En isolant l'ensemble des pièces en mouvement, et en appliquant le théorèmes de l'énergie cinétique, retrouver l'expression l'effort **F_V** du vérin en fonction de l'angle $\theta(t)$,ses dérivées, des masses et des paramètres géométriques.*