

## Cycle 6 – Détermination de lois d'entrée/sortie d'un système complexe

### TD1 – Échelle de pompier

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

- Déterminer la loi entrée-sortie géométrique d'une chaîne cinématique ;
- Déterminer les relations de fermeture de la chaîne cinématique ;
- Déterminer la loi entrée-sortie cinématique d'une chaîne cinématique.

Une É.P.A.S. est une Échelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle. Ce système conçu et commercialisé par la société CAMIVA est monté sur le châssis d'un camion de pompiers (cf. figure 1) et permet de déplacer une plate-forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard le plus rapidement possible et en toute sécurité.

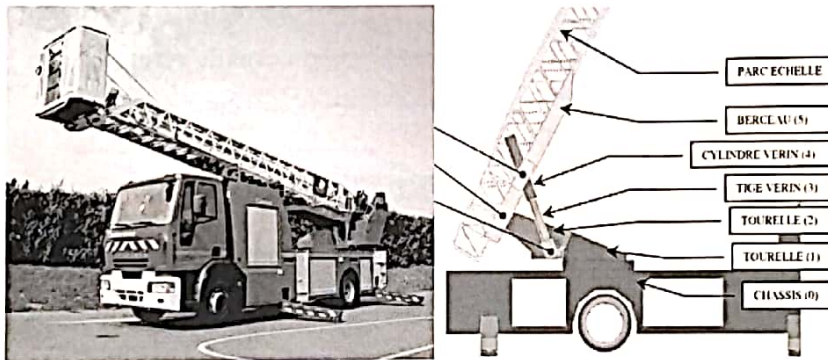


Figure 1 : É.P.A.S. sur camion de pompier

Le déplacement de la plate-forme est réalisé suivant trois axes (cf. figure 2) :

- Le déploiement du parc échelle selon  $\vec{x}_5$  : chaque pan de l'échelle peut se translater selon  $\vec{x}_5$  par rapport aux autres ; seul le quatrième plan d'échelle est solidaire du berceau ;
- Le pivotement autour de l'axe  $(E, \vec{y}_0)$  : la tourelle 1 peut pivoter par rapport au châssis autour d'un axe vertical ;
- La rotation autour de l'axe  $(A, \vec{z}_5)$  : le berceau peut tourner par rapport à la tourelle 2 autour d'un axe horizontal.

Pour garantir la sécurité, le système maintient toujours la plate-forme en position horizontale. Lors des rotations autour des axes  $(E, \vec{y}_0)$  et  $(A, \vec{z}_5)$ , le système "VARIMAX" (système de commande des actionneurs) maintient la vitesse de la plate-forme la plus constante possible afin de limiter les mouvements de balancier qui résulteraient d'une commande trop brusque.

On se propose de vérifier l'exigence de confort énoncée dans l'extrait du Cahier des Charges suivant :

Exigence	Critère	Niveau
Déplacer la plate-forme	Rapidité	Temps de déploiement <15s
	Confort	Vitesse de la plate-forme constante
	Sécurité	Stabilité en position horizontale impérative

Tableau 1 : Extrait du cahier des charges

Pendant la phase de dressage, les tourelles 1 et 2 sont fixes par rapport au châssis du camion. De même le parc échelle est considéré fixe par rapport au berceau. Le berceau pivote autour de l'axe  $(A, \vec{z}_5 = \vec{z}_0)$ , entraînant avec lui le parc échelle et la plate-forme. Ce mouvement est obtenu grâce aux vérins hydrauliques articulés en  $B$  et  $C$  avec la tourelle 2 et le berceau (5).

On propose le paramétrage et repérage suivant (cf. figure 2) :

- Le repère  $R_0 = (O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  est lié à l'ensemble  $\{0 + 1 + 2\}$  ;
- Le repère  $R_5 = (A, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_0)$  est lié à l'ensemble  $\{5 + \text{parc échelle}\}$  avec  $\vec{O_0A} = a.\vec{y}_0$  ;  $(\vec{x}_0, \vec{x}_5) = \theta$  ;  $\vec{AC} = c.\vec{x}_5$  ;  $\vec{AD} = H.\vec{x}_5$  ;
- Les repères  $R_3 = (B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$  et  $R_4 = (C, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$  sont respectivement liés à 3 et 4 avec  $\vec{O_0B} = b.\vec{x}_0$  ;  $(\vec{x}_0, \vec{x}_3) = \beta$  ;  $\vec{BC} = \lambda.\vec{y}_3$ .

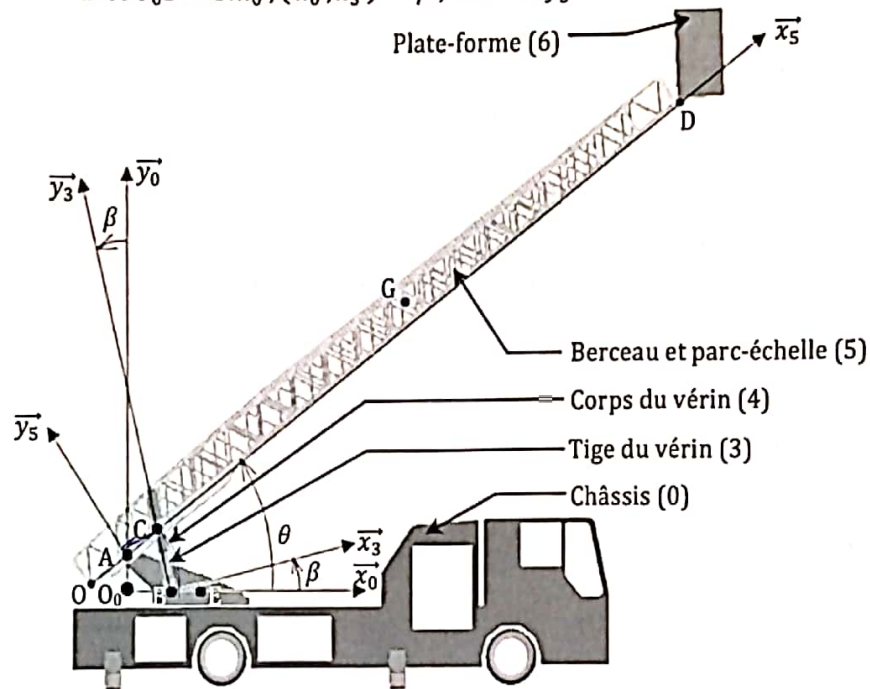


Figure 2 : Paramétrage du mouvement étudié

On donne les caractéristiques du vérin :

- Débit volumique d'huile injectée dans le vérin :  $Q$  ;
- Diamètre du piston :  $d$  ;
- Vitesse de déploiement du vérin :  $V = \frac{d\lambda}{dt}$ .

Qu. 1 : Construire le graphe de structure du mécanisme et tracer le schéma cinématique.

Qu. 2 : Donner le torseur cinématique de chaque liaison (quatre liaisons).

Qu. 3 : Exprimer la vitesse du point  $D$  du parc échelle dans son mouvement par rapport au châssis  $\vec{V}(D \in 5/0)$  en fonction de la vitesse angulaire  $\dot{\theta}$  et des paramètres géométriques. Quelle(s) condition(s) sur  $\dot{\theta}$  impose l'exigence de confort du cahier des charges ?

Le lien entre  $\dot{\theta}$  et  $V$  est dans un premier temps déterminé grâce à une méthode cinématique.

Qu. 4 : Écrire l'équation vectorielle de fermeture cinématique en vitesse au point  $C$ .

Qu. 5 : En déduire la relation entre la vitesse  $V$  de sortie du vérin et  $\dot{\theta}$ . Conclure.

Une méthode géométrique est plus appropriée pour déterminer le lien entre  $\dot{\theta}$  et  $V$ .

Qu. 6 : Écrire une relation de fermeture de chaîne géométrique puis déterminer la relation entre  $\dot{\theta}$  et  $V$ .

Qu. 7 : En déduire le débit d'huile  $Q$  à injecter dans le vérin permettant de vérifier l'exigence de confort du cahier des charges.

Qu. 8 : De quelles informations aura besoin le calculateur afin d'établir la commande ? Comment peut-on avoir accès à cette (ces) information(s) ?