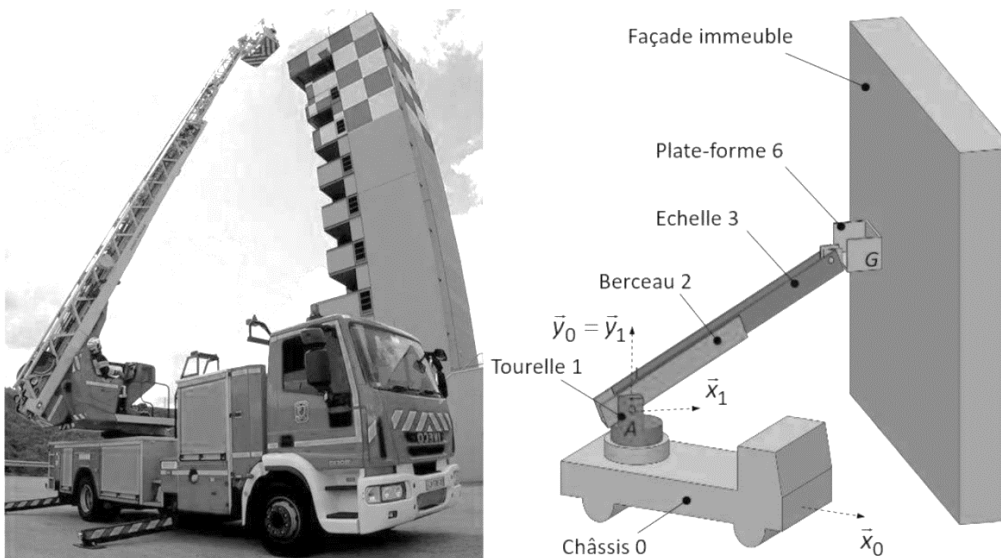


E.P.A.S

Remarques générales :

- Portez une attention particulière à l'homogénéité des résultats (unités des expressions cohérentes).
- Un résultat non homogène sera considéré comme faux.
- Si vous vous rendez compte que le résultat est non homogène mais que vous n'avez pas le temps de revoir vos calculs, expliquez clairement en quoi il n'est pas homogène et ce qu'il manquerait pour le rendre homogène.

PRESENTATION

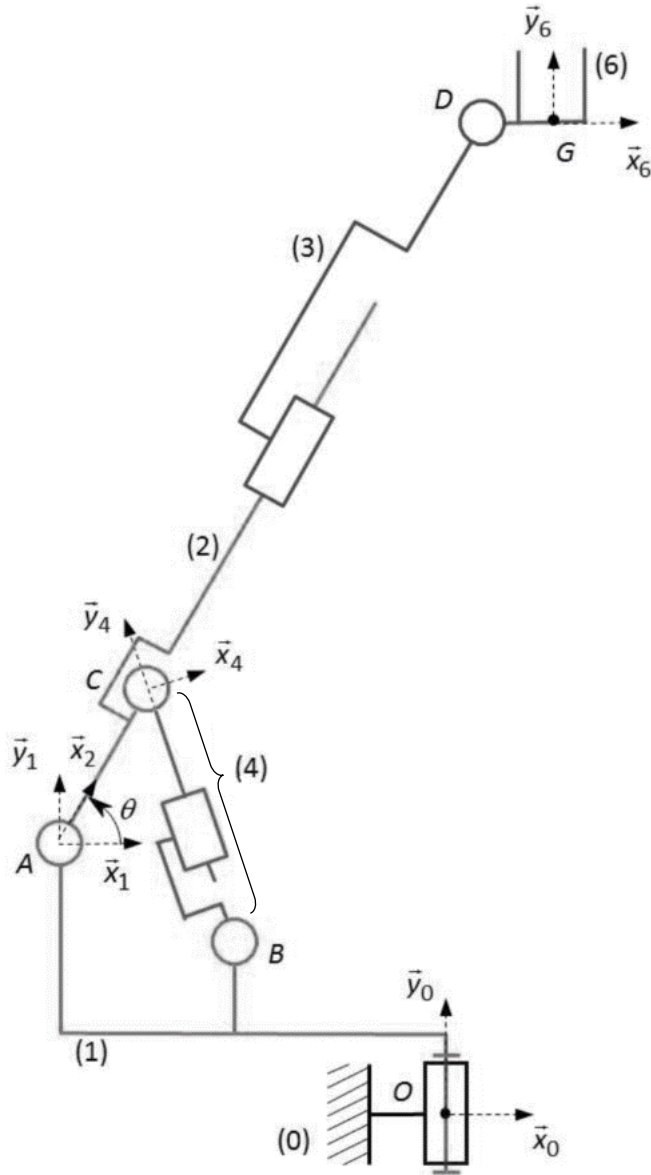


Une E.P.A.S. est une Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle.

Ce système 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.

De façon simplifiée, on considère que ce mécanisme est constitué de cinq solides, listés ci-dessous avec leur repère associé :

- Châssis 0, associé au repère $\mathcal{R}_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$;
- Tourelle 1, associé au repère $\mathcal{R}_1 = (A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$;
- Berceau 2, associé au repère $\mathcal{R}_2 = (A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$;
- Échelle 3, associé au repère $\mathcal{R}_3 = (A, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$;
- Vérin de dressage 4, associé au repère $\mathcal{R}_4 = (B, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$;
- Plate-forme 6, associé au repère $\mathcal{R}_6 = (G, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$.



Le mécanisme est représenté sous forme de schéma cinématique ci-contre.

Les liaisons entre les solides sont :

- 0/1 : pivot (O, \vec{y}_0)
- 1/2 : pivot (A, \vec{z}_1)
- 1/4 : pivot (B, \vec{z}_1)
- 4/2 : pivot (C, \vec{z}_4)
- 2/3 : glissière (D, \vec{x}_2)
- 3/6 : pivot (D, \vec{z}_3)

Géométrie

On donne les paramètres de position :

- $\phi = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$
- $\theta = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$
- $\beta = (\vec{x}_2, \vec{x}_6)$
- $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_4)$
- $\overline{CD} = \lambda \vec{x}_2$

Et les paramètres caractéristiques :

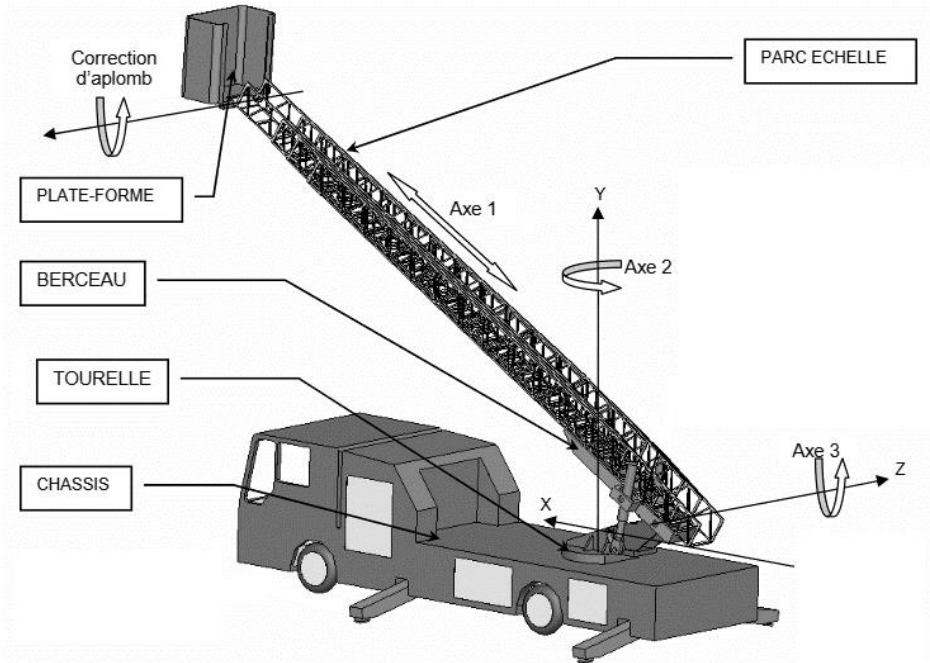
$\overline{OA} = -a\vec{x}_1 + b\vec{y}_1$	$\overline{AC} = c\vec{x}_2$	$c = 2 \text{ m}$	$a = 3 \text{ m}$
$\overline{AB} = c\vec{x}_1 - f\vec{y}_1$	$\overline{DG} = e\vec{x}_6$	$e = 1 \text{ m}$	$\lambda_{min} = 10 \text{ m (échelle repliée)}$

La portée est définie par $\overline{AG} \cdot \vec{x}_1$ (projection de \overline{AG} sur \vec{x}_1) ; La portée maximale est de 20 m.

PARTIE 1 : CINEMATIQUE

Pour des raisons de confort et de sécurité, il est nécessaire que pendant la phase de dressage de l'échelle, la norme de l'accélération subie par une personne située dans la nacelle ne dépasse un niveau défini dans le Cahier des charges.

Objectif : Déterminer, dans le but de valider le critère du Cahier des Charges Fonctionnel, le vecteur accélération du point D appartenant à l'échelle dans son mouvement par rapport au sol.



On considère deux mouvements possibles :

- Un mouvement de déploiement où l'axe 2 est immobile et seuls l'axe 1 et l'axe 3 sont mobiles : l'angle ϕ est constant alors que l'angle θ et la longueur CD (λ) sont variables (β varie de façon à ce que la plateforme soit toujours horizontale)
- Un mouvement d'approche de la façade où l'axe 1 est immobile et l'axe 2 et l'axe 3 sont mobiles mais l'axe 1 est immobile : la longueur CD (λ) est constante et les angles ϕ et θ sont variables (β varie encore de façon à ce que la plateforme soit toujours horizontale)

On cherche à déterminer la vitesse du point D durant ces deux phases

Q1. Réaliser le graphe des liaisons du mécanisme et écrire les paramètres cinématiques à côté de chaque liaison sur le graphique

Q2. Durant la phase d'approche (**ϕ et θ variables, λ constant**) :

- Donner la nature du mouvement de 1/0, celle de 2/1 et celle de 3/1.
- Dessiner les figures de changement de base correspondant au mouvement de 1/0 et 2/1.
- Déterminer les vecteurs vitesse de rotation $\vec{\Omega}_{3/2}$, $\vec{\Omega}_{2/1}$, $\vec{\Omega}_{1/0}$, $\vec{\Omega}_{2/0}$, $\vec{\Omega}_{3/0}$
- Déterminer le vecteur vitesse $\vec{v}_{D \in 3/0}$ en utilisant la méthode de votre choix.

Q3. Pour la phase de déploiement (**λ et θ variables, ϕ constant**) :

- Donner la nature du mouvement de 2/1, celle de 2/0 et celle de 3/2.
- Dessiner les figures de changement de base correspondant au mouvement de 2/1 et de 3/2.
- Déterminer les vecteurs vitesse de rotation $\vec{\Omega}_{3/2}$, $\vec{\Omega}_{2/1}$, $\vec{\Omega}_{2/0}$, $\vec{\Omega}_{3/0}$
- Déterminer le vecteur vitesse $\vec{v}_{D \in 3/0}$ en utilisant la méthode de votre choix.

Q4. Pour la phase de votre choix : déterminer l'accélération du point D $\vec{a}_{D \in 3/0}$

Q5. **BONUS** : Expliquer pourquoi le fait de déterminer la vitesse du point D par rapport au châssis (1) ($\vec{v}_{D \in 6/1}$) revient à déterminer la vitesse d'un passager de la plateforme (analyser la nature du mouvement de 6 par rapport à 1).

PARTIE 2 : STATIQUE

Remarques :

- Les questions Q2, Q3, Q4, et Q5/Q6 représentent 4 parties indépendantes. Si vous bloquez, passez à la suivante !
- Chaque question demande **nombre réduit d'isolements** (parfois même un seul), ne cherchez pas plus compliqué que nécessaire...

Rappel : pour écrire le PFS sur chaque isolement, vous pouvez appliquer la méthode suivante :

- Faire le bilan des actions mécaniques extérieures exercées sur le solide
 - Justifier le point choisi pour l'expression des moments
 - Poser la ou les équation(s) du PFS nécessaire(s) pour déterminer l'inconnue de la question
- Note : **toutes les équations ne sont pas forcément nécessaires**, ne perdez pas de temps à poser et calculer ce qui n'est pas utile pour la question considérée

Phase de dressage sans vent, $0^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ et $0^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$.

Actions mécaniques

Le mécanisme comprend 4 actionneurs :

- un moteur délivrant un couple entre 0 et 1 : $C_{01}\vec{z}_1$ au niveau de la liaison ;
- un vérin 4 délivrant une force entre 1 et 2 : $F_{12}\vec{y}_4$ au point C ;
- un vérin délivrant une force entre 2 et 3 : $F_{23}\vec{x}_2$ au point D ;
- un moteur délivrant un couple entre 3 et 6 : $C_{36}\vec{z}_1$ au niveau de la liaison.

Hypothèses concernant les efforts :

- On néglige les poids des solides 1, 2, 3 et 4
- On tient compte uniquement du poids de la plateforme 6
- On prend une échelle de charge maximale $m_p = 300$ kg au point G

Pour les questions **Q2 et Q3** toutes les forces se situent dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$ et aucun vent n'agit sur le véhicule. **Hypothèse : Le problème est alors considéré comme plan.**

Quels que soient les mouvements, le mécanisme impose à la plate-forme 6 de rester horizontale $(\vec{x}_1, \vec{x}_6) = 0$

Q1. Réaliser le graphe d'analyse de ce mécanisme :

- Faire un graphe des liaisons entre les solides
- Positionner sur le schéma les résultantes et les couples des actions extérieures autres que celles transmissibles par les liaisons

Q2. Déterminer l'expression du couple C_{36} permettant de maintenir la plateforme 6 immobile par rapport à l'échelle 3.

- Justifier le choix de l'isolement : solide {6}
- Poser la ou les équation(s) du PFS sur {6} nécessaire(s) à la résolution du problème (voir méthode rappelée en haut de page)
- Déterminer le couple C_{36}

Q3. Déterminer l'expression de F_{12} permettant de maintenir le berceau 2 immobile par rapport à la tourelle 1. En déduire les valeurs maximale et minimale de F_{12} .

- Choisir et justifier une stratégie d'isolement (ordre du ou des isolement(s) à effectuer)
- Pour chaque isolement poser la ou les équation(s) du PFS nécessaire(s) (voir méthode)
- Résoudre pour déterminer F_{12}
- BONUS** : En déduire l'expression et les valeurs min et max de F_{12}

Action du vent pendant le dressage ($0^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ et $0^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

Dans cette question, **nous n'avons plus affaire à un problème plan**.

Action mécanique supplémentaire

On considère qu'un vent de 50 km/h ne doit pas modifier l'orientation de la nacelle :

- L'action du vent sera considérée comme un glisseur d'axe \vec{z}_6 : $F_{vent}\vec{z}_6$ au point G,
- Son intensité vaut 1000N.

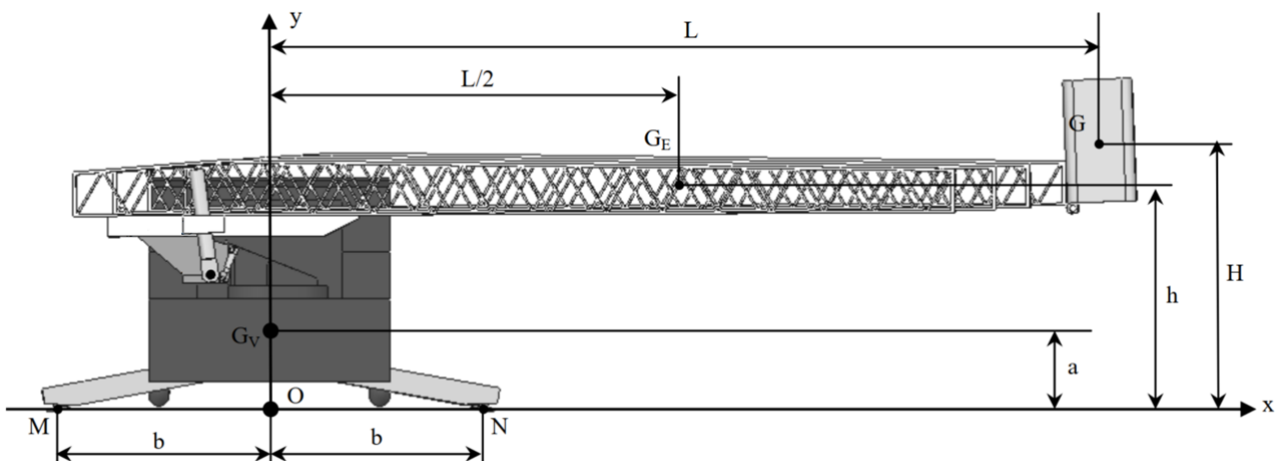
Q4. Déterminer l'expression du couple C_{01} permettant de maintenir la tourelle 1 immobile par rapport au châssis 0. En déduire les valeurs maximale et minimale de C_{01} .

- Choisir et justifier une stratégie d'isolement (ordre du ou des isolement(s) à effectuer)
- Pour chaque isolement poser la ou les équation(s) du PFS nécessaire(s) (voir méthode)
- Résoudre pour déterminer C_{01}
- BONUS** : En déduire l'expression et les valeurs min et max de C_{01}

Etude de la stabilité du véhicule porteur

Le véhicule porteur de l'E.P.A.S. doit être équipé de stabilisateurs. Une fois en place, les stabilisateurs le soulèvent, afin qu'il ne repose plus sur les roues : le mouvement des suspensions du véhicule mettrait en danger sa stabilité.

L'objet de cette partie est de déterminer la longueur de déploiement maximale que le système de sécurité pourra autoriser.



Le véhicule est dans la configuration de la figure ci-dessus :

- Parc échelle horizontal.
- Charge maximale dans la plate-forme.
- Attention : le châssis véhicule **n'est plus considéré comme le bâti** mais comme un **solide distinct**
- Il est posé sur le sol (solide 00) qui est maintenant le bâti.
- Le véhicule ne repose pas sur les roues mais sur les stabilisateurs.

Actions mécaniques

Hypothèse : Le problème est considéré comme plan (plan (O, \vec{x}, \vec{y}) de la figure ci-dessus).

Les efforts pris en compte sont :

- Les actions de pesanteur sur les solides suivants :

Élément	C. de gravité	Masse
Châssis véhicule (solide 0 maintenant distinct du bâti)	G_V	m_V
Echelle (solide 3)	G_E	m_E
Plateforme et charge utile (solide 6)	G	m_P

- Les stabilisateurs considérés comme des appuis ponctuels parfaits d'axe \vec{y} aux points M et N
- On note les résultantes aux appuis ponctuels $\vec{R}_M = N_M\vec{y}$ et $\vec{R}_N = N_N\vec{y}$

On ne fera aucun calcul dans cette partie. Il n'est nécessaire de poser aucune équation.

Q5. Faire un nouveau graphe d'analyse du mécanisme

Q6. Exprimer la condition de non basculement de l'ensemble.

Q7. Expliquer la démarche de détermination de la longueur L_{max} de déploiement au-delà de laquelle il y aura basculement.

a. Proposer une stratégie d'isolement (ordre du ou des isolement(s) à effectuer)

Pour chaque isolement choisi :

b. Faire le bilan du nombre d'inconnues et d'équations

c. Expliquer quelle(s) équation(s) serai(ent) utile(s) à la résolution (déterminer L_{max})