CPGE PTSI-PT Lycée Jean Zay - Thiers

Dynamique

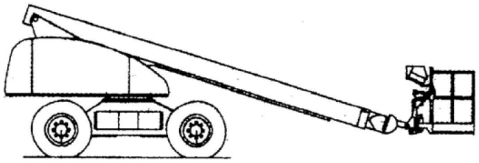
TD

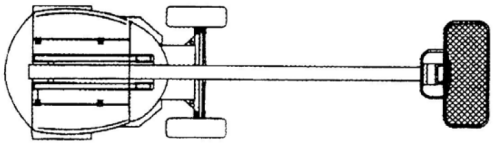
Compétences visées: C1-05, C2-08 v1.4

Lycée Jean Zay – 21 rue Jean Zay – 63300 Thiers – Académie de Clermont-Ferrand

Nacelle à flèche télescopique H21

1 Présentation





Les nacelles sont utilisées pour effectuer des travaux en hauteur et éviter l'utilisation d'échafaudages. Il existe quatre principales familles de nacelles adaptées à des usages spécifiques

- nacelles à flèche articulée,
- nacelles à flèche télescopique,
- nacelles à mat,
- nacelles à ciseaux.

Ces systèmes sont autopropulsés et permettent donc à l'opérateur placé dans le panier de commander non seulement la hauteur, le pivotement, mais également de piloter la translation de la nacelle pour atteindre les zones de travail.

L'étude proposée portera sur une nacelle de type flèche télescopique (figure ci-dessus).

L'énergie nécessaire est fournie principalement par un moteur thermique qui entraine un groupe hydraulique. Un groupe électropompe de secours est également disponible en cas d'incident. Les différents actionneurs utilisés sont hydrauliques avec commande proportionnelle. Les mouvements disponibles sont :

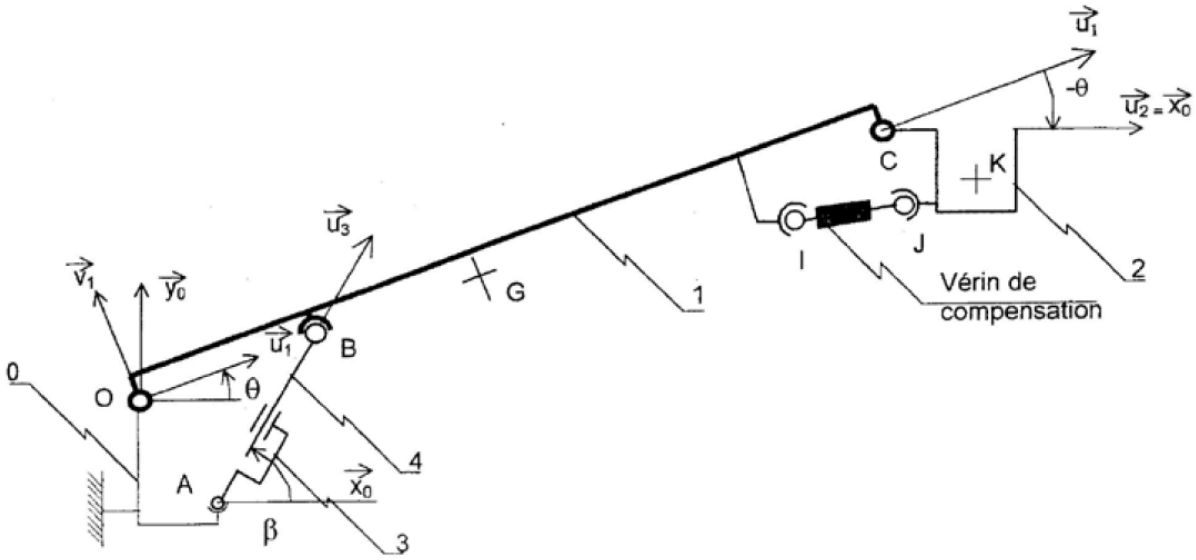
- la « translation » de la nacelle par quatre roues motrices ;
- la direction par deux roues directrices avec mécanisme entraine par un vérin ;
- la rotation de la tourelle (360° en continu) ;
- le relevage de la flèche ;
- le déploiement de la flèche télescopique ;
- la rotation du panier autour d'un axe vertical ;
- l'inclinaison du panier.

Objectif

L'objectif de l'étude est de déterminer la durée du relevage de la flèche ainsi que la pression dans le vérin de relevage lors de l'opération de relevage.

2 Données et hypothèses

2.1 Modélisation



2.2 Extrait du recueil des exigences

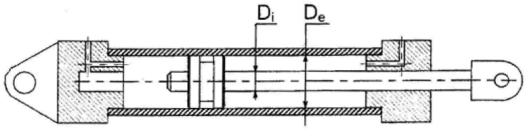
Rep.	Exigence
1.2	Respecter un temps de montée inférieur à 1,5 min
1.5	Alimenter le vérin avec une pression < 60 bar

2.3 Caractéristiques de masse et d'inertie

- Solide **1** : centre d'inertie G, masse M_1, moment d'inertie I_1 par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{z_0})$;
- Solide **2** : centre d'inertie K, masse M_2, moment d'inertie I_2 par rapport à l'axe $(K, \overrightarrow{z_0})$;
- Application numérique : $M_1 = 2500\,\text{kg}$, $I_1 = 25\,000\,\text{kg.m}^2$, $M_2 = 500\,\text{kg}$, $I_2 = 150\,\text{kg.m}^2$;
- On néglige les caractéristiques d'inertie des autres pièces.
- L'accélération de la pesanteur est notée $\overrightarrow{g} = -g.\overrightarrow{y_0}$ avec $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$.

2.4 Caractéristiques du vérin

- $D_i = 180\,\text{mm}$
- $D_e = 240\,\text{mm}$
- Le débit maximal vaut $q_{max} = 55\,\text{l/min}$.



2.5 Caractéristiques géométriques de la nacelle

$\overrightarrow{OB} = c.\overrightarrow{u_1}$	$a = 0{,}5\,\text{m}$
$\overrightarrow{OA} = a.\overrightarrow{x_0} - b.\overrightarrow{y_0}$	$b = 1\,\text{m}$
$\overrightarrow{AB} = \lambda.\overrightarrow{u_3}$	$c = 2\,\text{m}$
$\overrightarrow{OG} = d.\overrightarrow{u_1}$	$d = 6\,\text{m}$
$\overrightarrow{OC} = 3d.\overrightarrow{u_1}$	$e = 0{,}5\,\text{m}$
$\overrightarrow{CK} = e.\overrightarrow{u_2} - f.\overrightarrow{v_2}$	$f = 1\,\text{m}$

2.6 Hypothèses

On considère le châssis à l'arrêt sur un plan horizontal ; la tourelle est immobile.

Pendant le relevage, le vérin évolue à vitesse constante. Les mouvements de télescopage ou de pivotement du panier par rapport à la tête de flèche sont inexistants.

On peut considérer 5 solides. Lors de la rotation de la flèche **1** par rapport à la tourelle **0**, en phase de relevage, le mouvement de compensation est supposé parfait : $\overrightarrow{u_2} = \overrightarrow{x_0}$ (le panier reste horizontal).

3 Travail demandé

3.1 Étude géométrique

Question 1 Exprimer la longueur λ en fonction de l'angle de relevage θ.

Question 2 En déduire la course du vérin de relevage pour $\theta \in \left[-\frac{\pi}{12}, \frac{5\pi}{12}\right]$.

Question 3 En déduire la durée du relevage pour le débit maximum.

Question 4 Valider le critère associé du cahier des charges.

3.2 Étude dynamique

Les masses des solides autres que **1** et **2** sont négligées. Les seuls actionneurs considérés sont le vérin de relevage et le vérin de compensation. L'action du vérin de compensation sur **2** est modélisable par un glisseur de résultante $\overrightarrow{R\{\mathcal{T}_{comp\to 2}\}}$ et d'axe central (IJ).

Question 5 Exprimer la vitesse du centre d'inertie K du panier **2** par rapport à **0**.

Question 6 Exprimer l'accélération du centre d'inertie K du panier **2** par rapport à **0**.

Question 7 Exprimer la projection du moment dynamique en O de **2** par rapport à **0** sur $\overrightarrow{z_0}$.

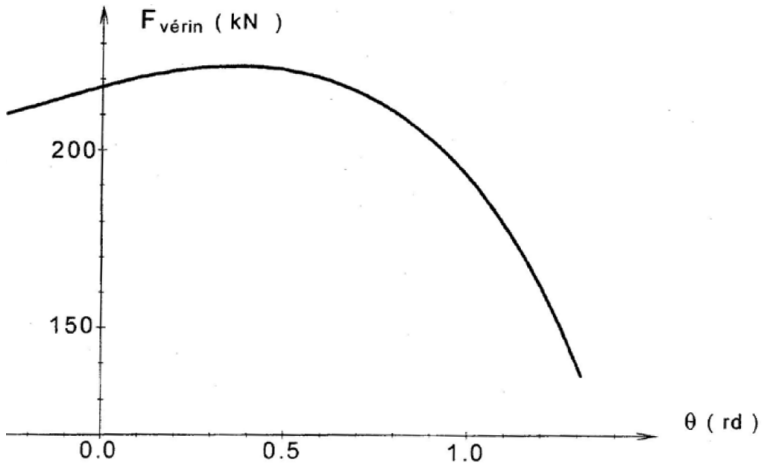
On considère le système matériel **Σ** constitué de **1**, **2** et du vérin de compensation.

Question 8 Exprimer la projection du moment dynamique en O de **Σ** par rapport à **0** sur $\overrightarrow{z_0}$ en fonction des éléments d'inertie et du paramètre θ.

Question 9 Recenser les actions mécaniques extérieures à **Σ**.

Question 10 Appliquer le PFD à $\mathbf{\Sigma}$ et en déduire l'effort de poussée $F_{\text{vérin}}$ du vérin de relevage.

Pour le chargement maximum du panier et pour la flèche sortie au maximum, on donne la courbe représentative de $F_{\text{vérin}}$ lors du relevage à débit maximum.



Question 11 En déduire la pression maximum que nécessite le vérin.

Question 12 Valider le critère associé du cahier des charges.