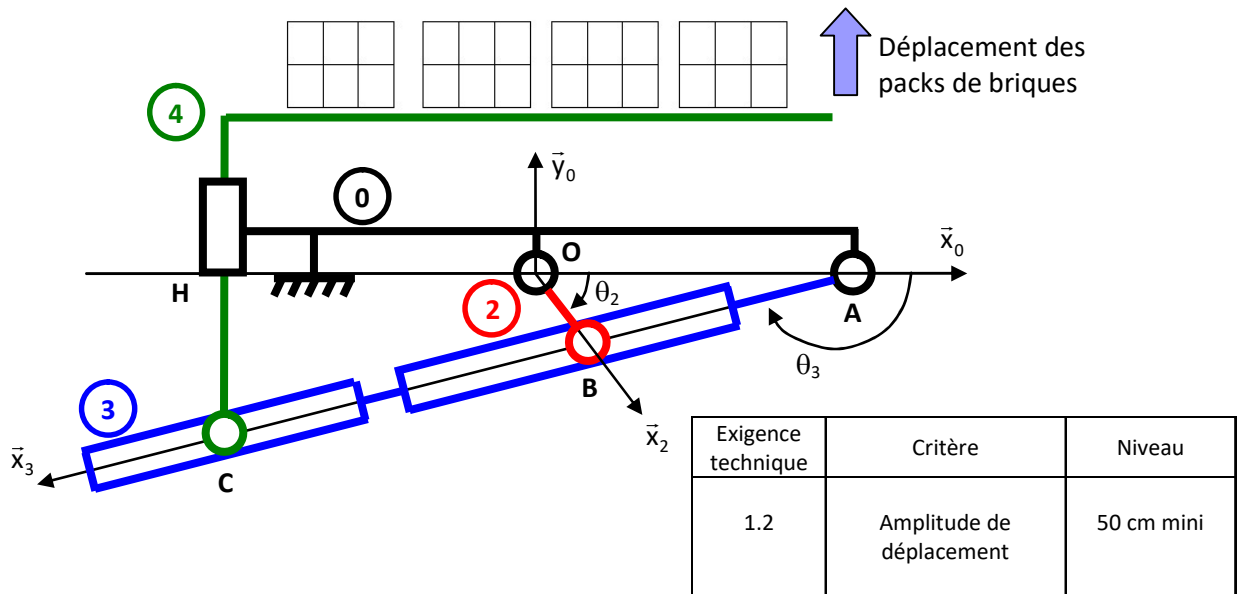


Palettiseur pour l'industrie laitière

Les briques de lait de 1L sont stockées par groupe de 6, et déposée sur des palettes (ce qui facilite leur transport dans les camions). Dans une chaîne de conditionnement de briques de lait, on utilise souvent des poussoirs qui poussent tout un lot de 6 briques de lait. On se propose d'étudier un de ces poussoirs dont on donne le modèle ci-dessous ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel. L'objectif d'étude est de vérifier si le système permet d'atteindre l'exigence demandée.



Le bâti 0 est fixe. Un motoréducteur anime en rotation la manivelle 2. Par l'intermédiaire d'une liaison en B, la manivelle 2 déplace la tige 3 en rotation autour de l'axe $(A, \vec{z}_0)$ qui déplace elle-même le poussoir 4 en translation suivant l'axe $\vec{y}_0$.

Données : $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$; $\theta_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$; $\vec{AB} = \mu \cdot \vec{x}_3$; $\vec{AC} = \lambda \cdot \vec{x}_3$; $\vec{CH} = y \cdot \vec{y}_0$; $\vec{OB} = R \cdot \vec{x}_2$; $\vec{HA} = L \cdot \vec{x}_0$ et ; $\vec{OA} = L_1 \cdot \vec{x}_0$; $R = 0,15\text{m}$; $L = 2 \cdot L_1 = 0,5\text{m}$.

On se place en modèle plan. Les distances λ , μ et y sont variables.

Q.1. Représenter les vues géométrales des positions relatives de R_2/R_0 et R_3/R_0 .

Q.2. Écrire les équations de fermeture géométrique (OAB) en projection dans la base 3.

Q.3. Écrire les équations de fermeture géométrique (HAC) en projection dans la base 3.

Q.4. Réécrire les équations de fermeture géométrique (OAB) et (HAC) en projection dans la base 0 et en déduire la loi entrée sortie du système y en fonction de θ_2 .

Q.5. Déterminer l'amplitude de déplacement du poussoir $\Delta y = y_{\max} - y_{\min}$.

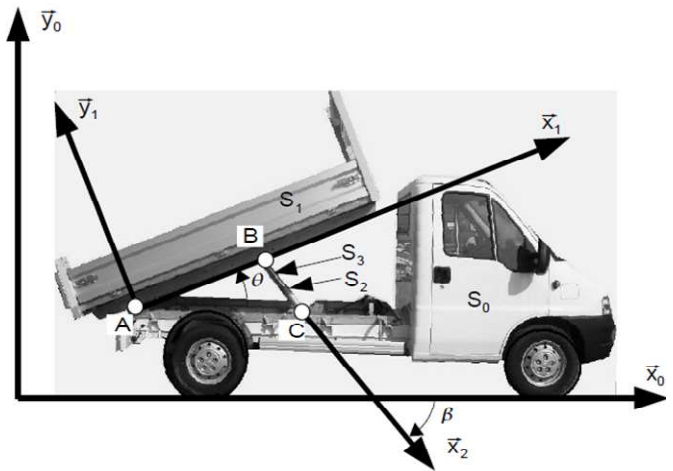
Q.6. Conclure vis-à-vis du cahier des charges.

Benne de camion

On s'intéresse à un camion en phase de déchargement dont on donne une description structurale ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel.

Le camion noté S_0 en déchargement soulève l'ensemble S_1 (benne + chargement) de centre de gravité G et de masse $M = 7000$ kg constitué de la benne et de la matière transportée. Un vérin (corps de vérin S_2 et tige S_3) commande le mouvement.

Exigence technique	Critère	Niveau
1.5	Vitesse angulaire de la benne	< 0,5 tr/min



L'objectif est de déterminer la vitesse de rotation de la benne 1 en fonction du débit dans le vérin afin de vérifier la performance en vitesse angulaire de cette benne.

On donne les caractéristiques géométriques suivantes :

$$\overrightarrow{AB} = L \cdot \vec{x}_1 \quad \overrightarrow{AG} = x_G \cdot \vec{x}_1 + y_G \cdot \vec{y}_1 \quad \overrightarrow{BC} = \lambda \cdot \vec{x}_2 \quad \overrightarrow{AC} = x_C \cdot \vec{x}_0 + y_C \cdot \vec{y}_0 \quad \theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) \quad \beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_2)$$

Q.1. Réaliser le schéma cinématique du système et représenter les figures géométrales.

On donne les caractéristiques du vérin :

- débit volumique d'huile injectée dans le vérin Q (en m^3/s),
- Surface du piston du vérin S (en m^2),
- vitesse de déploiement du vérin V (en m/s).

Q.2. Exprimer le débit Q dans le vérin en fonction de sa vitesse de déploiement V et de la surface du piston S .

Q.3. Écrire l'équation vectorielle de fermeture géométrique linéaire et projeter l'équation vectorielle obtenue dans la base 0.

Q.4. A partir des équations issues de la fermeture géométrique, exprimer λ en fonction de θ .

Q.5. Dériver l'expression obtenue question précédente et déterminer Q en fonction de $\dot{\theta}$ et de θ .

Q.6. L'étude de l'application numérique de la formule précédente aboutit à $\dot{\theta}_{\max} = 70 \cdot Q$. Le vérin délivrant 0,4 Litres/s, conclure quant à la capacité de la benne à satisfaire la performance en vitesse angulaire.

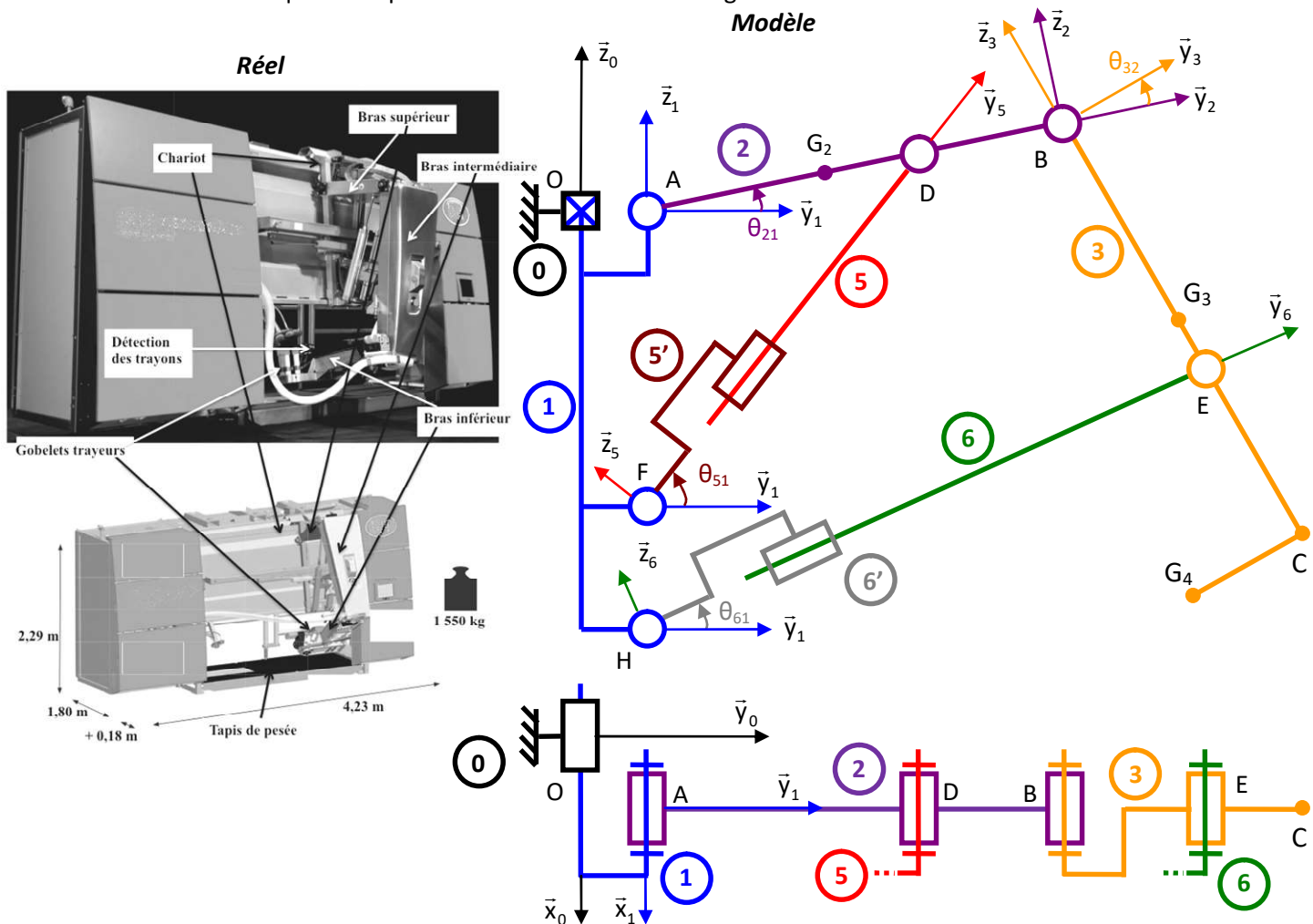
Treilleuse automatique pour vaches

Les agriculteurs producteurs laitiers sont soumis à des réglementations strictes en termes de respect de l'environnement, de mesures d'hygiène ou de qualité de vie des animaux. De plus la traite des vaches est une opération pénible, répétitive et soumise à des horaires contraignants.

D'autre part, les agriculteurs souhaitent désormais disposer de plus de temps pour gérer leur exploitation agricole et pouvoir concilier vie professionnelle et personnelle. Dans cette optique, des sociétés ont développé des systèmes de traite automatique.



On s'intéresse dans ce sujet à un bras articulé d'une machine de traite automatisée dont on donne une modélisation cinématique ainsi qu'un extrait de cahier des charges.



L'ensemble bras articulé de traite est embarqué sur le chariot 1 monté en liaison glissière d'axe $(0, \vec{x}_0)$ par rapport au bâti 0. Cette liaison permet le déplacement horizontal du bras articulé. Le bras articulé est ensuite composé :

- du bras supérieur 2 en liaison pivot d'axe $(A, \bar{x}_1)$ par rapport au chariot 1. Deux vérins montés en parallèle (seul un des vérins est modélisé ici par l'ensemble corps de vérin 5'+ tige de vérin 5) entre le chariot 1 et le bras supérieur 2 assurent les déplacements du bras supérieur 2 ;
- du bras intermédiaire 3, lié au bras supérieur 2 par une liaison pivot d'axe $(B, \bar{x}_2)$. Un vérin (ici par l'ensemble corps de vérin 6'+ tige de vérin 6) monté entre le bras intermédiaire 3 et le chariot 1 assure les déplacements du bras intermédiaire 3 ;

- d'un bras inférieur en liaison complète (encastrement) avec le bras intermédiaire 3. Ce bras inférieur porte le système de branchement aux pis, le système pulsateur, le système de nettoyage par brosses et la tête de traite.

Lorsque la vache est installée dans la machine, la tête de traite est automatiquement positionnée sous la vache, dans une position telle que la tête de traite soit au plus proche des pis de la vache. Par simplification, on modélisera par un point nommé G_4 , la zone de contact de la tête de traite du bras inférieur avec les pis de la vache.

Données :

$R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ repère lié au bâti du robot de traite, supposé galiléen ;

$R_1 = (A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ repère lié au chariot 1 tel que $\vec{OA} = x(t) \cdot \vec{x}_0 + L_1 \cdot \vec{y}_1$;

$R_2 = (B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ repère lié au bras supérieur 2 tel que $\theta_{21} = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$;

$R_3 = (C, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ repère lié au bras intermédiaire 3 tel que $\theta_{32} = (\vec{y}_2, \vec{y}_3) = (\vec{z}_2, \vec{z}_3)$;

$R_5 = (F, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$ repère lié au vérin de tige 5 et de corps 5' tel que $\theta_{51} = (\vec{y}_1, \vec{y}_5) = (\vec{z}_1, \vec{z}_5)$;

$R_6 = (H, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$ repère lié au vérin de tige 6 et de corps 6' tel que $\theta_{61} = (\vec{y}_1, \vec{y}_6) = (\vec{z}_1, \vec{z}_6)$.

$\vec{AB} = L_2 \cdot \vec{y}_2$	$\vec{AD} = d_2 \cdot \vec{y}_2$	$\vec{BC} = -L_3 \cdot \vec{z}_3$	$\vec{BE} = -d_3 \cdot \vec{z}_3$
$\vec{AG}_2 = \frac{L_2}{2} \cdot \vec{y}_2$	$\vec{BG}_3 = -\frac{L_3}{2} \cdot \vec{z}_3$	$\vec{CG}_4 = -L_4 \cdot \vec{y}_3$	$\vec{AF} = -h_5 \cdot \vec{z}_0$
$\vec{AH} = -h_6 \cdot \vec{z}_0$	$\vec{OA} = x(t) \cdot \vec{x}_0 + L_1 \cdot \vec{y}_1$	$\vec{FD} = L_5(t) \cdot \vec{y}_5$	$\vec{HE} = L_6(t) \cdot \vec{y}_6$

Extrait partiel du cahier des charges :

Exigences	Critères	Niveaux
Le système doit respecter les exigences techniques suivantes	... Vitesse d'approche verticale de la tête de traite/pis de la vache ...	... $V < 5 \pm 1$ cm/s ...

Q.1. Donner les paramètres géométriques qui permettent de piloter les mouvements du bras robotisé ?

Q.2. Tracer le graphe des liaisons associé à la modélisation représentée par le schéma cinématique page précédente.

Q.3. Etablir les 4 figures géométrales représentant le paramétrage angulaire.

Q.4. Représenter sur le document réponse le système lorsque les bras 2 et 3 sont en position horizontale. Donner la longueur finale des deux vérins (5 et 5') et (6 et 6') sur la figure pour cette position.

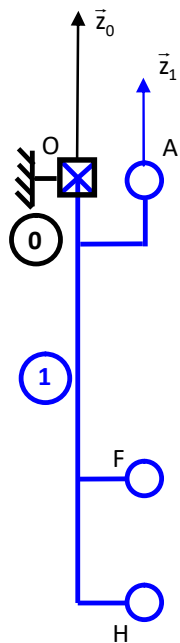
On considère pour toutes les questions suivantes que $x(t) = \text{cte}$.

Q.5. Ecrire la fermeture géométrique (AFD).

Q.6. Après avoir projeté dans B_0 , déduire une relation scalaire entre θ_{21} et $L_5(t)$.

Q.7. Etablir les relations géométriques liant le centre de gravité G_4 de la tête de traite 4 défini par les coordonnées (x_{G4}, y_{G4}, z_{G4}) dans le repère R_0 , les paramètres géométriques $x(t)$, θ_{21} et θ_{32} et les longueurs L_1 , L_2 , L_3 et L_4 .

Document réponse :



Traineau pendulaire 2.1® du père Noël

(Très librement inspiré d'un sujet centrale PSI portant initialement sur la pendulation des TGV ^^)

Pour améliorer son temps de parcours et les performances de tenue de route céleste, le père Noël a développé un traîneau 2.1® en y ajoutant un système de pendulation utilisé dans les TGV. Le père Noël ayant fait une PSI* puis Supaéro dans sa jeunesse sait que ce système permet de réduire l'accélération transversale ressentie par le passager en virage (accélération centripète) qui au-delà d'une certaine valeur devient très gênante, voire dangereuse pour le passager.



Son système de pendulation, interposé entre les patins et la caisse du traîneau, autorise, par inclinaison de la caisse autour de son axe longitudinal, la diminution de l'accélération transversale ressentie par le passager (le père Noël lui-même) et permet ainsi un passage en courbe à une vitesse beaucoup plus importante que son traîneau 2.0® classique pour le même niveau de confort.

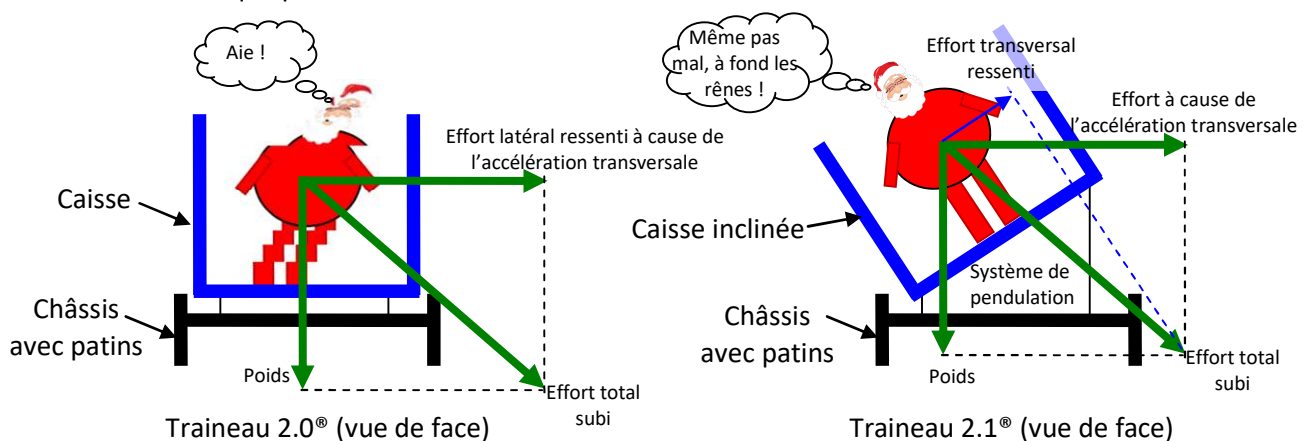


Figure 1 - Traîneaux 2.0® et 2.1® se déplaçant à la même vitesse en phase de virage à droite.

L'objectif de ce sujet est de valider les performances cinématiques de ce système de pendulation dont on donne une description structurale ainsi qu'un extrait de cahier des charges.

Le contrôleur de vol embarqué du traîneau détermine par anticipation à partir de l'information de plusieurs capteurs implémentés sur le traîneau et les rênes la quantité d'accélération transversale lors d'un virage. Le contrôleur de vol élabore ensuite une commande en temps réel à destination d'un vérin électromécanique asservi. Cet actionneur, à l'aide d'une chaîne cinématique particulière, permet d'incliner la traverse reliée à la caisse par rapport aux patins du traîneau. C'est au final cette inclinaison qui permet de réduire l'accélération transversale ressentie en virage.

Exigences	Critères	Niveaux
Le système doit respecter les exigences techniques suivantes	Angle de pendulation maximal entre traverse et patins	$\alpha_{\max} = \pm 15^\circ$
	Longueur maximale de sortie du vérin	1,5 m
	Accélération maximale donnée à la caisse	$\Gamma_{c,\max} = 2 \text{ m.s}^{-2}$
	...	

Modélisation et hypothèses

Pour cette étude, on se place dans un problème plan $(0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ qui correspond à celui représenté sur le schéma cinématique 2D de la figure 2 et du document réponse DR1. Cette vue plane correspond à une vue transversale du traîneau. Le solide 2 correspond à l'ensemble traverse + caisse du traîneau et le solide 1 aux patins. L'ensemble 7 + 8 correspond au vérin électromécanique. On se place, pour cette étude, dans le cas où le traîneau est encore à l'arrêt posé au sol, par conséquent les patins 1 seront considérés fixes par rapport au sol.

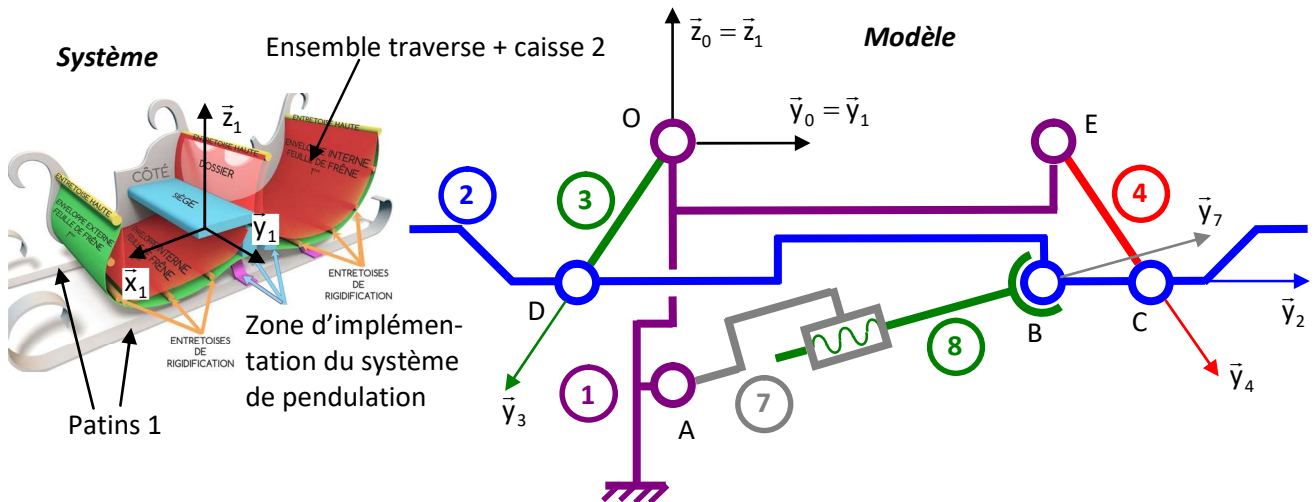


Figure 2 - Schéma cinématique du système de pendulation dans le plan $(O, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

$R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ repère lié au sol ;

$R_1 = (O, \vec{x}_1 = \vec{x}_0, \vec{y}_1 = \vec{y}_0, \vec{z}_1 = \vec{z}_0)$ repère lié aux patins 1, considérés comme un bâti et supposé galiléen ;

$R_7 = (A, \vec{x}_7, \vec{y}_7, \vec{z}_7)$ repère lié à l'actionneur 7 et tel que $\theta_7 = (\vec{y}_1, \vec{y}_7) = (\vec{z}_1, \vec{z}_7)$;

$R_2 = (B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ repère lié à l'ensemble 2 (traverse + caisse) tel que $\alpha = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$;

$R_3 = (O, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ repère lié à la biellette 3 tel que $\theta_3 = (\vec{y}_1, \vec{y}_3) = (\vec{z}_1, \vec{z}_3)$;

$R_4 = (E, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ repère lié à la biellette 4 tel que $\theta_4 = (\vec{y}_1, \vec{y}_4) = (\vec{z}_1, \vec{z}_4)$;

$\vec{AB} = \lambda(t) \cdot \vec{y}_7$	$\vec{OD} = d \cdot \vec{y}_3$	$\vec{EC} = d \cdot \vec{y}_4$	$\vec{OE} = e \cdot \vec{y}_0$
$\vec{OA} = -a \cdot \vec{z}_0$	$\vec{BC} = c \cdot \vec{y}_2$	$\vec{DB} = b \cdot \vec{y}_2$	On pourra noter $\vec{DC} = L \cdot \vec{y}_2$
Données numériques :	$a = 0,64 \text{ m} ; b = 1,24 \text{ m} ; c = 0,3 \text{ m} ; d = 0,46 \text{ m} ; e = 0,99 \text{ m}$		

On considère sur ce modèle que :

- Le corps de l'actionneur 7 en liaison hélicoïdale d'axe $(A, \vec{y}_7)$ avec la tige 8.
- le corps de l'actionneur 7 est pivot d'axe $(A, \vec{x}_0)$ avec le bâti 1.
- La tige de vérin 8 est en liaison rotule avec l'ensemble traverse + caisse 2 en B.
- L'ensemble traverse + caisse 2 est en liaison pivot d'axe $(C, \vec{x}_0)$ avec la biellette 4 et en liaison pivot d'axe $(D, \vec{x}_0)$ avec la biellette 3.
- La biellette 3 est en liaison pivot d'axe $(O, \vec{x}_0)$ avec le bâti 1.
- La biellette 4 est en liaison pivot d'axe $(E, \vec{x}_0)$ avec le bâti 1.

Q.1. Donner le paramètre géométrique d'entrée qui permet de piloter le mouvement de la caisse et celui de sortie ?

Q.2. Tracer le graphe des liaisons associé à la modélisation représentée par le schéma cinématique 2D de la figure 2.

Q.3. Etablir les 4 figures géométrales représentant le paramétrage angulaire défini dans la partie modélisation et hypothèses.

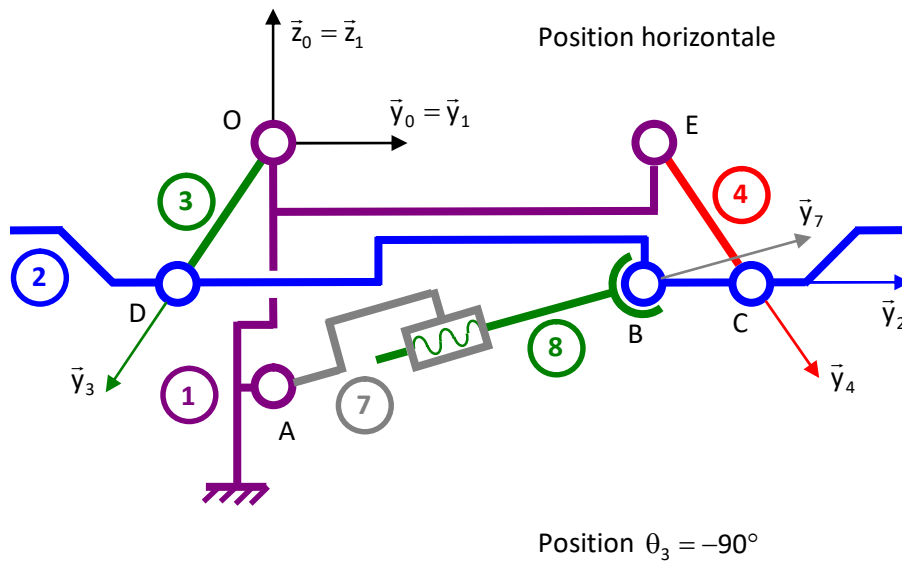
Q.4. Compléter le schéma cinématique sur le document réponse de la position proposée où $\theta_3 = -90^\circ$ et vérifier qu'elle permet d'obtenir l'angle maximal d'inclinaison du cahier des charges. Attention à respecter les distances entre les points des solides indéformables ... Utiliser votre compas !

Q.5. Mesurer en mm la longueur AB (longueur du vérin) puis donner la longueur réelle du vérin en position sortie et vérifier le cahier des charges.

Q.6. Ecrire l'équation vectorielle correspondant à la fermeture de chaîne (OABD). La projeter ensuite dans la base B_0 ou B_1 pour obtenir un système de 2 équations scalaires.

Q.7. En déduire une relation entre λ , α et θ_3 . Faire l'application numérique pour la configuration inclinaison maximale ($\theta_3 = -90^\circ$) afin de vérifier le résultat de la question 5.

Document réponse :



Echelle :
50mm $\rightarrow$ 1m

