

ROBOT DE TRAITE AUTOMATIQUE DE VACHE

1 - Problématique

L'implantation d'un système de traite automatique permet de laisser à la vache la liberté de choisir le moment de la traite. Lorsqu'une vache se présente dans le box du robot, elle est identifiée puis le processus de traite débute et est géré de manière totalement automatique (traite, alimentation de l'animal et contrôle en continu de la qualité du lait).

L'objectif visé est de déterminer les lois de commande des axes pour le positionnement et le maintien en position de la tête de traite quels que soient les mouvements de la vache et les interactions entre la vache et le robot de traite Astronaut A3.

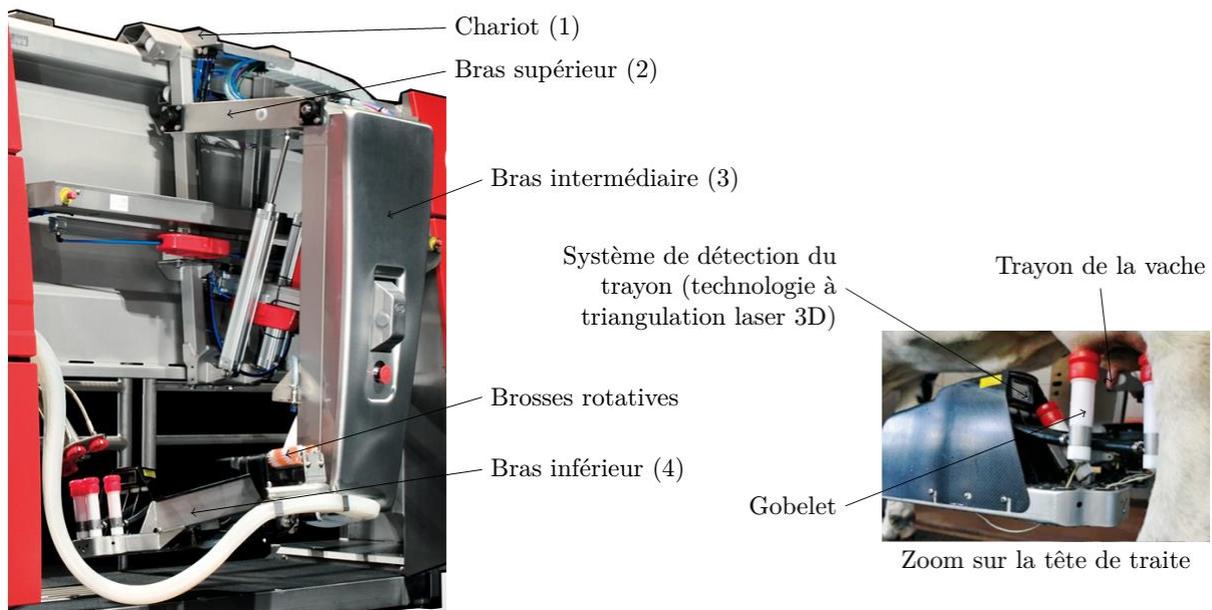
L'étude des performances du robot de traite Astronaut A3 impose en effet l'élaboration d'un modèle de connaissance afin de décrire son comportement. Ce modèle prend en compte le comportement dynamique du robot (à l'aide d'équations différentielles modélisant les différents mouvements du système de traite) et les relations liant les tensions d'alimentation des servo-distributeurs et les déplacements des tiges des vérins.



2 - Modèle d'étude des mouvements de la tête de traite

2.1 - Présentation

La structure mécanique permettant le positionnement précis de la tête de traite par rapport à l'animal est un système à trois degrés de liberté comprenant un chariot (1), un bras supérieur (2) et un ensemble (34) en mouvements relatifs : l'ensemble (34) est composé du bras intermédiaire (3) et du bras inférieur (4) liés de manière complète.



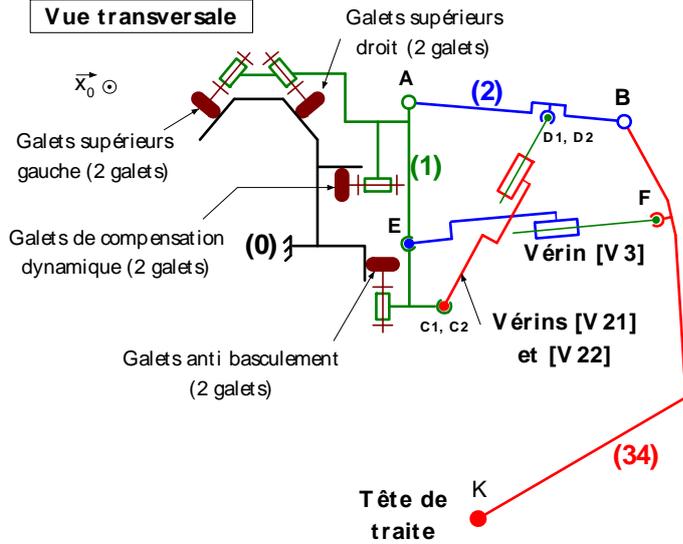
Conformément à l'intitulé traditionnel en robotique, on appelle « axe » un mouvement piloté et asservi. La partie mécanique du système Astronaut A3 étudié comporte trois axes.

- axe 1 : le chariot (1) se déplace longitudinalement (direction \vec{x}_0) par rapport au bâti (0) ; un vérin pneumatique [V1] commande son déplacement et son maintien en position ;
- axe 2 : le bras supérieur (2) pivote autour d'un axe horizontal (rotation dans le plan de normale \vec{x}_0) par rapport au chariot (1) ; deux vérins pneumatiques [V21] et [V22] montés en parallèle et commandés simultanément par un unique distributeur commandent son pivotement et son maintien en position ;
- axe 3 : le bras intermédiaire (3), élément de l'ensemble (34), pivote autour d'un axe horizontal (rotation dans le plan de normale \vec{x}_0) par rapport au bras supérieur (2) ; un vérin [V3] commande son pivotement et son maintien en position.

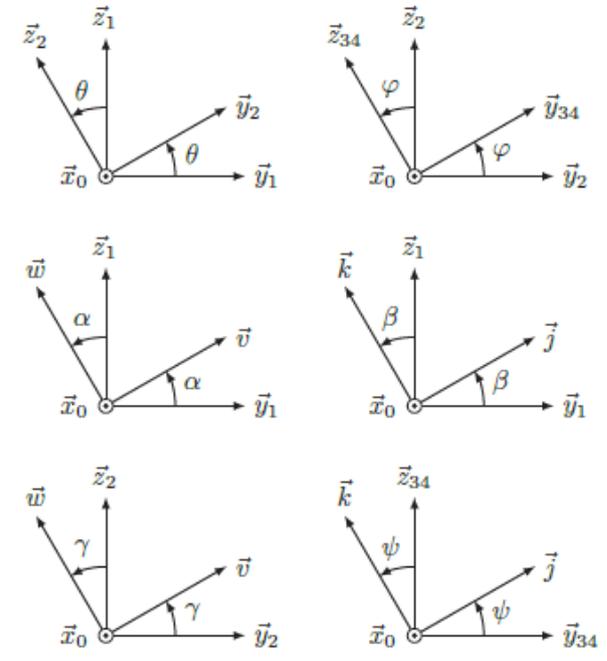
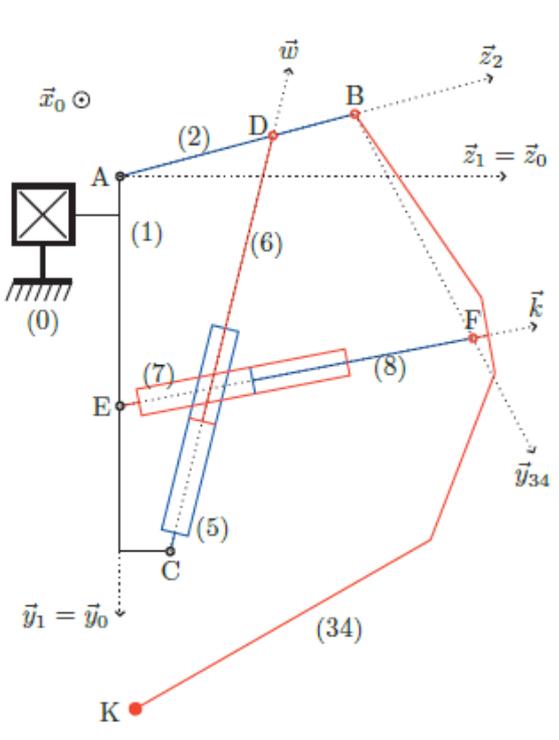
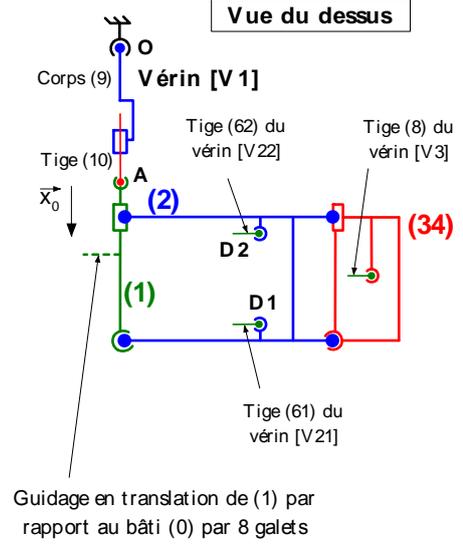
Le bras inférieur (4), élément de l'ensemble (34), porte le système de branchement aux trayons, le système pulsateur, le système de nettoyage (brosses rotatives) ainsi que la tête de traite, constituée des gobelets et du système de détection des trayons par triangulation laser 3D.

2.2 - Modélisation

Vue transversale



Vue du dessus



Solide	Paramétrage géométrique	Paramétrage cinétique
Bâti (0)	Repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$	
Chariot (1)	Repère $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ $\vec{AE} = h \cdot \vec{y}_1, \vec{AC} = b \cdot \vec{y}_1 + c \cdot \vec{z}_1$ et $\vec{AG}_1 = x_{G1} \cdot \vec{x}_1 + y_{G1} \cdot \vec{y}_1$	Centre de gravité G_1 . Masse m_1 .
Bras supérieur (2)	Repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ $\vec{AB} = L_2 \cdot \vec{z}_2, \vec{AG}_2 = d_2 \cdot \vec{z}_2,$ $\vec{AD} = \ell_2 \cdot \vec{z}_2$	Centre de gravité G_2 . Masse m_2 . Moment d'inertie par rapport à l'axe (G_2, \vec{x}_0) : J_2 .
Ensemble (34)	Repère $R_{34}(B, \vec{x}_{34}, \vec{y}_{34}, \vec{z}_{34})$ $\vec{BF} = L_3 \cdot \vec{y}_{34}, \vec{BK} = L_4 \cdot \vec{y}_{34} - \ell_{34} \cdot \vec{z}_{34},$ $\vec{BG}_{34} = d \cdot \vec{y}_{34} - e \cdot \vec{z}_{34}$	Centre de gravité G_{34} . Masse m_{34} . Moment d'inertie par rapport à l'axe (G_{34}, \vec{x}_0) : J_{34} .
$[V1] = (9) \cup (10)$	$R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$	Masses et inerties des corps et des tiges des trois vérins supposées négligeables.
$[V2] = (5) \cup (6)$	$R_5(C, \vec{x}_0, \vec{v}, \vec{w})$	
$[V3] = (7) \cup (8)$	$R_7(E, \vec{x}_0, \vec{j}, \vec{k})$	

Modèle adopté	Paramétrage	Frottement visqueux complémentaire
$L_{1/0}$: glissière (direction \vec{x}_0)	$\vec{OA} = x(t) \cdot \vec{x}_0$	$F_{0 \rightarrow 1}^v = -f_{10} \cdot \dot{x}(t)$ (f_{10} en $Ns m^{-1}$)
$L_{2/1}$: articulation (centre A)	$\theta(t) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$	$C_{1 \rightarrow 2}^v = -b_{21} \cdot \dot{\theta}(t)$ (b_{21} en $Nm s rad^{-1}$)
$L_{34/2}$: articulation (centre B)	$\varphi(t) = (\vec{y}_2, \vec{y}_{34}) = (\vec{z}_2, \vec{z}_{34})$	$C_{2 \rightarrow 34}^v = -b_{32} \cdot \dot{\varphi}(t)$ (b_{32} en $Nm s rad^{-1}$)
$L_{5/1}$: articulation (centre C)	$\alpha(t) = (\vec{y}_1, \vec{v}) = (\vec{z}_1, \vec{w})$	
$L_{7/1}$: articulation (centre E)	$\beta(t) = (\vec{y}_1, \vec{j}) = (\vec{z}_1, \vec{k})$	
$L_{6/2}$: articulation (centre D)	$\gamma(t) = (\vec{y}_2, \vec{v}) = (\vec{z}_2, \vec{w})$	
$L_{8/34}$: articulation (centre F)	$\psi(t) = (\vec{y}_{34}, \vec{j}) = (\vec{z}_{34}, \vec{k})$	
$L_{5/6}$: glissière (direction \vec{w})	$\vec{CD} = z_2(t) \cdot \vec{w}$	
$L_{8/7}$: glissière (direction \vec{k})	$\vec{EF} = z_3(t) \cdot \vec{k}$	

La perturbation la plus courante pour le système est un coup de patte de la vache sur la tête de traite, protégée en conséquence par une structure en fibre de carbone : la zone de contact étant réduite, on modélise cette action par un glisseur au point K de résultante : $\vec{F}(vache \rightarrow 34) = F_x(t)\vec{x}_0 + F_y(t)\vec{y}_0 + F_z(t)\vec{z}_0$

Par ailleurs, on note que $b_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0) = b_1(\vec{x}_0, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ en raison du guidage en translation de direction \vec{x}_0 du chariot (1) par rapport au bâti (0). L'accélération de la pesanteur est notée $\vec{g} = g \vec{y}_0$.

Question 1 : En indiquant les ensembles isolés et les théorèmes utilisés, justifier qu'il est cohérent d'écrire les actions du vérin [V1] sur le chariot (1), du vérin [V2] sur le bras supérieur (2) et du vérin [V3] sur l'ensemble (34) sous les formes des trois glisseurs suivants :

- un glisseur en A de résultante $\vec{R}_{10 \rightarrow 1} = F_{V1 \rightarrow 1} \vec{x}_0$ pour l'action du vérin [V1] sur le chariot (1) ;
- un glisseur en D de résultante $\vec{R}_{6 \rightarrow 2} = F_{V2 \rightarrow 2} \vec{w}$ pour l'action du vérin [V2] sur le bras (2) ;
- et un glisseur en F de résultante $\vec{R}_{8 \rightarrow 34} = F_{V3 \rightarrow 34} \vec{k}$ pour l'action du vérin [V3] sur l'ensemble (34).

3 - Détermination des relations entre les inconnues statiques

3.1 - Stratégie de résolution

Question 2 : Réaliser le graphe de structure de ce système

Question 3 : En isolant l'ensemble des pièces 5,6, justifier le sens et la direction de l'action $\vec{R}_{6 \rightarrow 2}$

Question 4 : En isolant l'ensemble des pièces 7,8, justifier le sens et la direction de l'action $\vec{R}_{8 \rightarrow 34}$

Question 5 : Effectuer le Bilan des actions mécaniques appliquées à la pièce 1

Question 6: En supposant l'équilibre statique de 1, en **déduire** les éléments de réduction du torseur représentatif de, l'action de 2 sur 1 appliquée en A.

Question 7: Effectuer le Bilan des actions mécaniques appliquées à la pièce 2

Question 8: En supposant l'équilibre statique de 2, en **déduire** les éléments de réduction du torseur représentatif de, l'action de 34 sur 2 appliquée en B.

Question 9: Effectuer le Bilan des actions mécaniques appliquées à la pièce 34

Question 10: En supposant l'équilibre statique de 34, en **déduire** une relation entre les éléments de réduction du torseur représentatif des actions de la vache sur ce qui se passe en B.