

# TD Mise en cartons <sup>1</sup>

**Mise en situation** Une usine de fabrication de flacons en verre possède un poste de mise en cartons qui est l'objet de la présente étude (voir FIGURE 1 et FIGURE 3)



FIGURE 1 : Vue d'ensemble du poste de mise en carton

Les flacons, qui sortent du four de cuisson, sont disposés les uns derrière les autres sur un tapis roulant qui les achemine jusqu'au poste de mise en cartons. Une caméra, associée à un logiciel de reconnaissance de formes, s'assure de la conformité géométrique des flacons. Les flacons non conformes (présentant un défaut géométrique, renversé, cassé, ...) sont évacués vers l'extérieur sur le même tapis. Chaque flacon conforme est saisi par un des deux robots Delta et est placé dans une alvéole du carton. Les deux robots Delta travaillent en parallèle sous la conduite d'un même partie commande : ils saisissent les flacons sur le tapis roulant commun qui achemine les flacons et remplissent chacun un carton différent. Chaque carton plein contient 48 flacons.

Les images issues de la caméra permettent aussi à la partie commande de donner un ordre d'orientation du flacon au robot qui l'a saisi de façon à ce que le flacon rentre aisément dans l'alvéole correspondante de forme parallélépipédique (voir FIGURE 2).

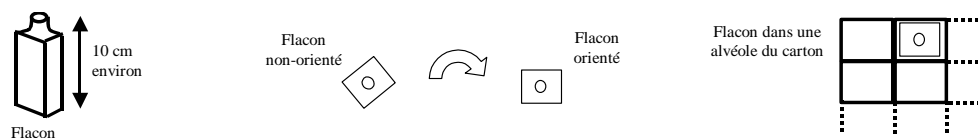


FIGURE 2 : Flacon et orientation du flacon

Les cartons vides sont acheminés sur la zone de chargement (zone ZC1 ou ZC2 voir FIGURE 3) par l'intermédiaire d'un convoyeur à rouleaux et de vérins pousseurs. Les cartons remplis sont évacués vers l'extérieur par ce même convoyeur. Les autres opérations réalisées dans l'unité de conditionnement sont la fermeture, le marquage et la palettisation des cartons : elles ne seront pas étudiées ici.

**Q1.** Proposer un diagramme SysML de cas d'utilisation du système de poste de mise en carton ainsi qu'un diagramme de contexte.

Les deux robots utilisés sont de type Delta à architecture parallèle (FIGURE 4). Ces robots sont à quatre axes (en robotique, un axe est une liaison motorisée) :

- trois moteurs électriques assurent le déplacement de la plate forme mobile en agissant sur les trois bras 1, 2 et 3 (c'est la structure Delta tri motorisée)

1. Adapté de X-MP 2002

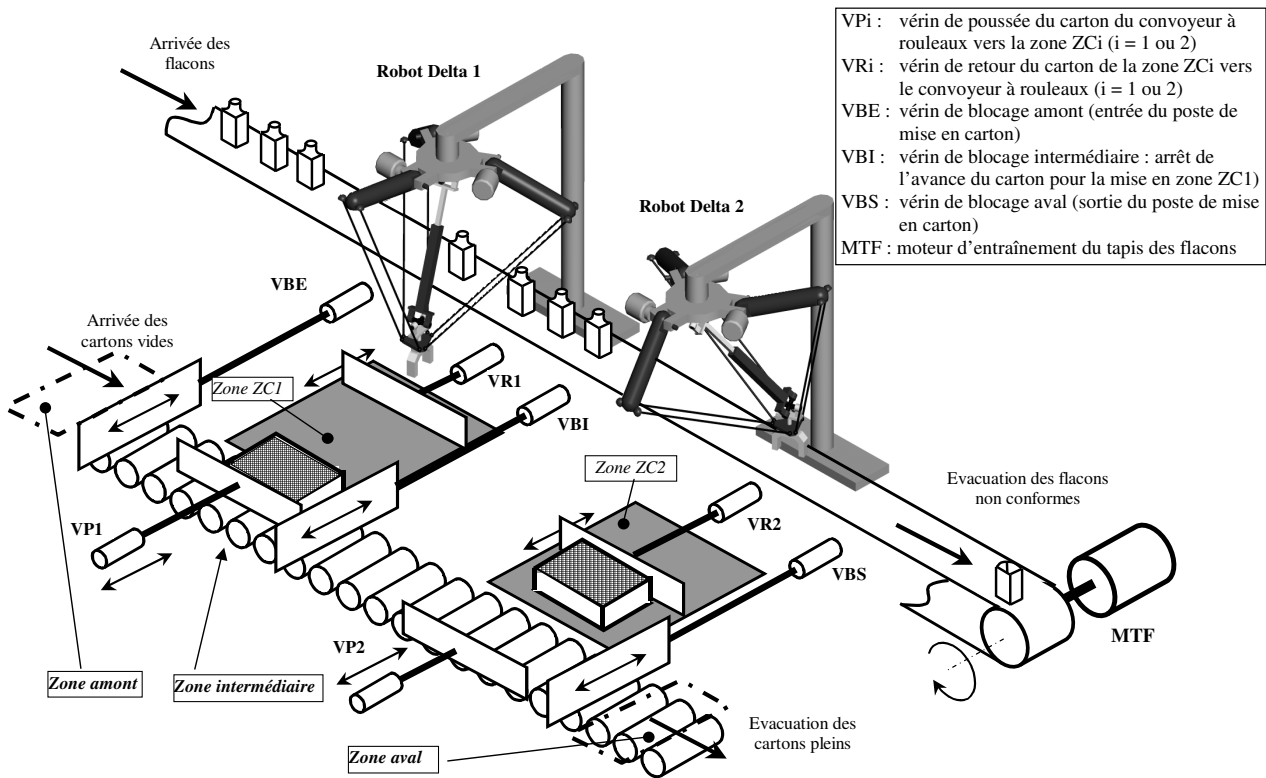


FIGURE 3 : Description du poste de mise en carton

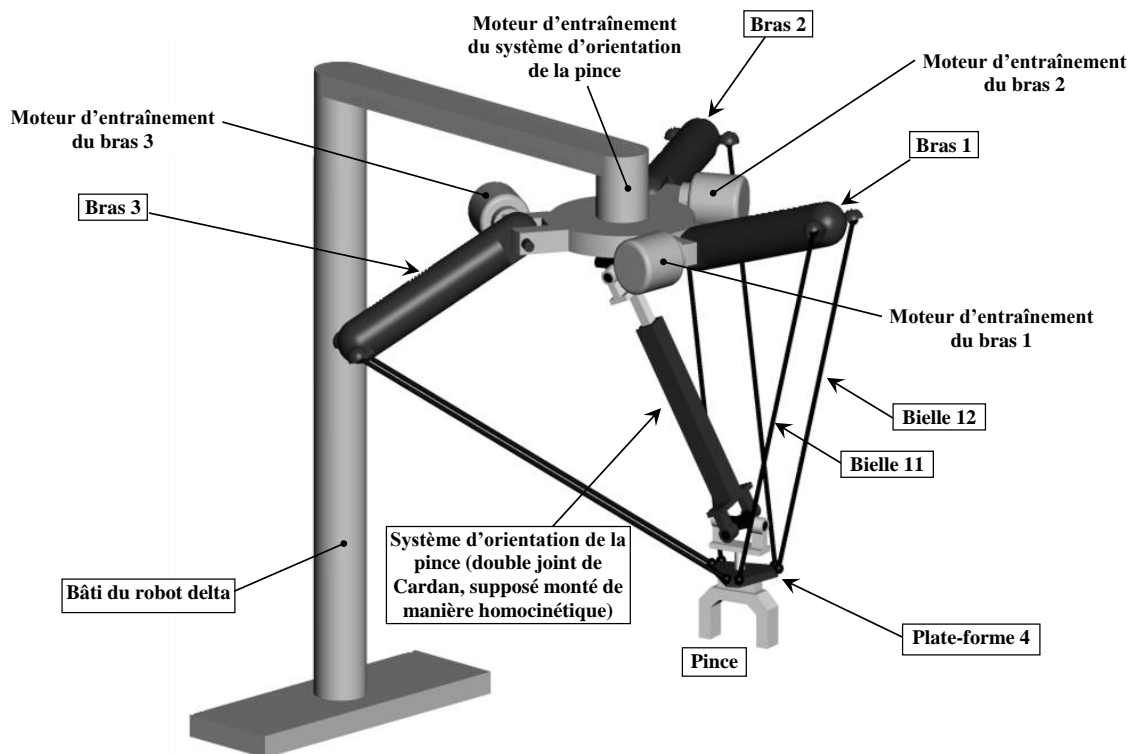


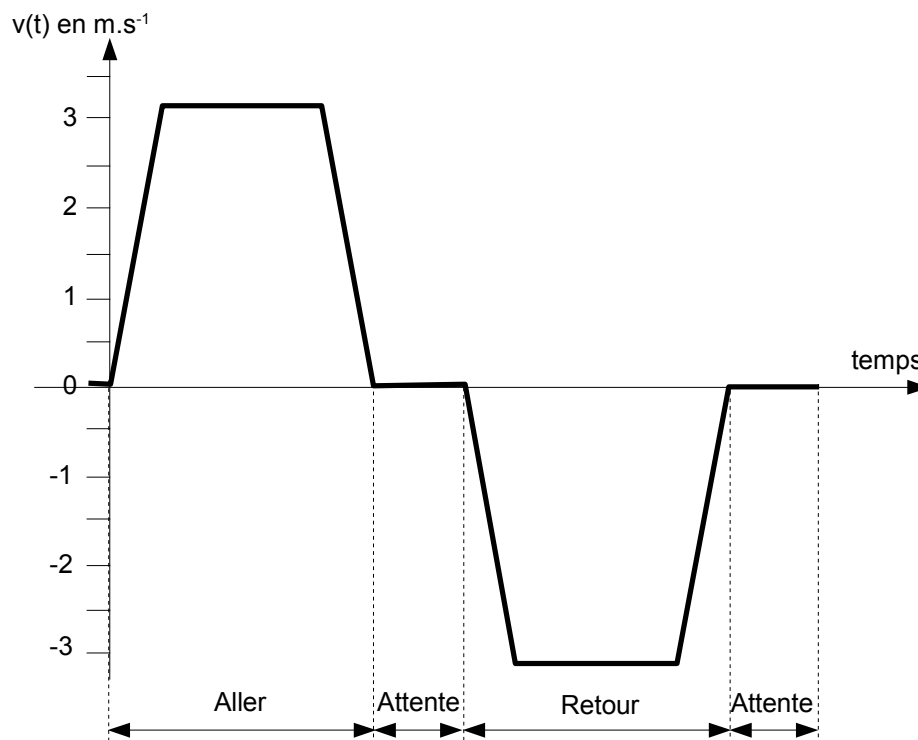
FIGURE 4 : Robot à structure parallèle de type « delta »

– un moteur électrique assure l'orientation de la pince, via un axe cinématique d'orientation. La fermeture et l'ouverture de la pince sont assurées par un vérin pneumatique. Le cahier des charges impose, vis à vis de la fonction principale, les valeurs suivantes :

Critère	Valeur
Mise en cartons de 48 flacons	Temps < 60 s
Accélération maximale du centre de gravité d'un flacon pour éviter une détérioration de celui-ci	< 8 g $\approx 80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

**Hypothèse :**

- Un seul robot fonctionne et remplit seul un carton.
- Le déplacement de la pince d'un flacon au carton est rectiligne et supposé toujours le même d'un flacon à l'autre (la distance à parcourir est  $D = 0,8 \text{ m}$ ). On note  $x(t)$  l'évolution temporelle de la position du centre de gravité du flacon ( $v(t)$  est sa vitesse et  $a(t)$  son accélération)
- La prise et la dépose d'un flacon durent 0,1 s chacune.
- les moteurs du robot sont commandés de manière à obtenir l'évolution suivante de la vitesse du centre de gravité du flacon au cours d'un aller-retour



La durée des phases d'accélération et de décélération est égale à  $dt = 0,06 \text{ s}$ .

**Q2.** Justifier à l'aide de la courbe que l'accélération (décélération) est inférieure à l'accélération maximale spécifiée.

**Q3.** Calculer le temps  $T$  mis pour réaliser un aller (ou un retour) connaissant la distance  $D$  d'un flacon au carton et l'évolution de la vitesse  $v(t)$ .

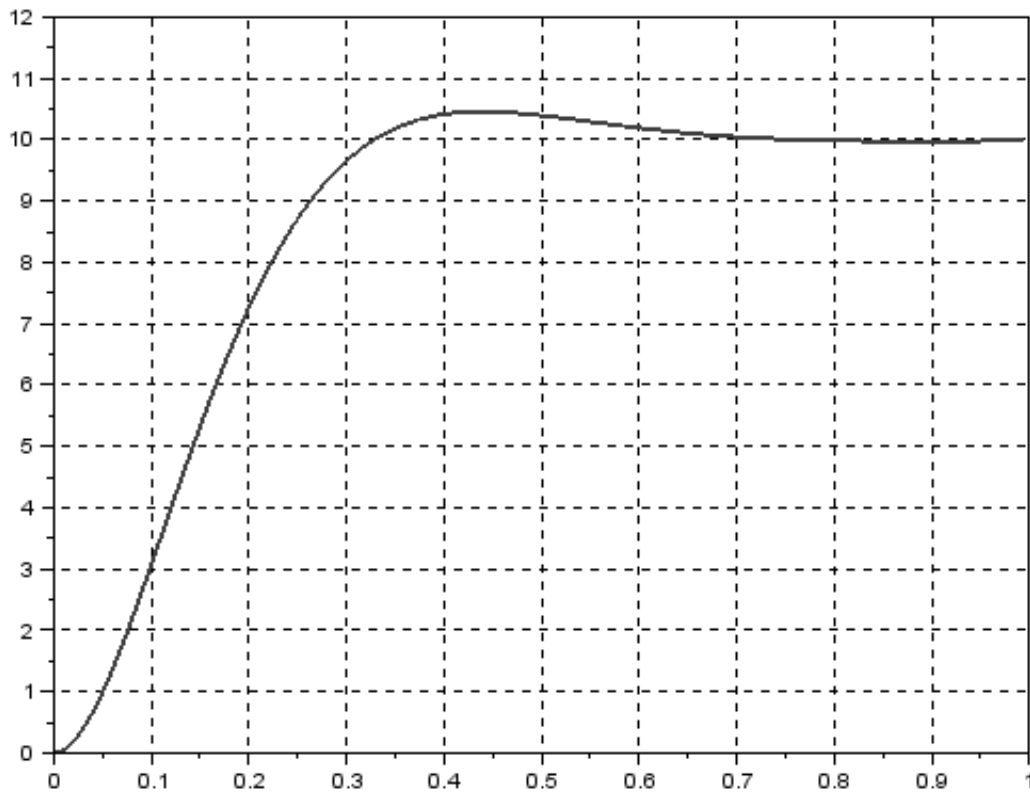
**Q4.** En déduire le temps de cycle. Conclure quand au cahier des charges.

Pour atteindre les performances définies précédemment, les robots doivent être correctement asservis.

Les critères de performances de l'asservissement de chaque axe d'un robot, définis dans le cahier des charges, sont les suivants :

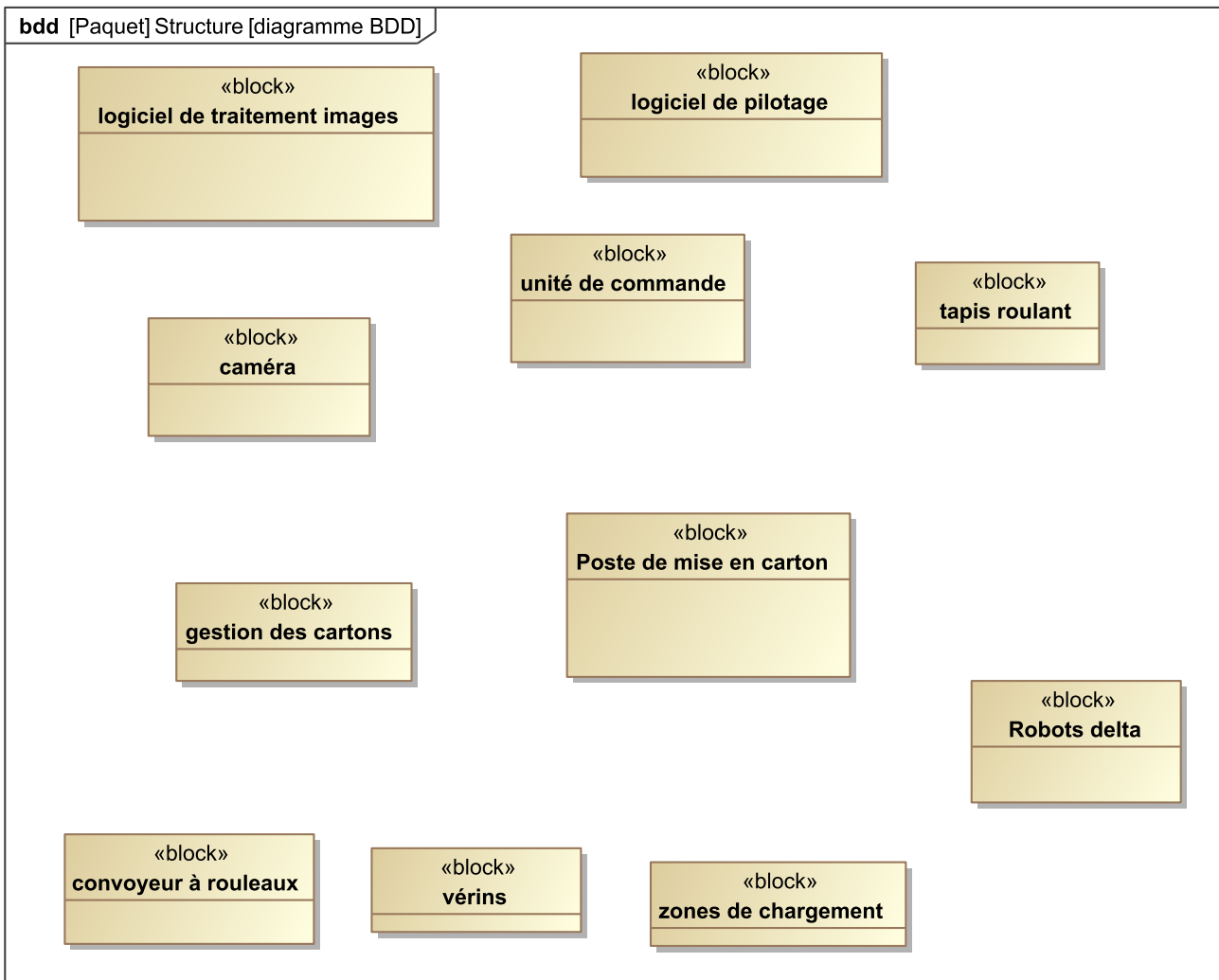
Critères	Valeurs
Précision	Écart statique nul
Rapidité	$t_{5\%} < 0,1 \text{ s}$
Premier dépassement	$D_1^{\%} < 5 \%$

Le relevé suivant correspond à la position angulaire d'un des axes soumis à une consigne de position à atteindre de  $10^\circ$ .



**Q5.** Valider le cahier des charges en précisant les valeurs atteintes par rapport à celles attendues dans le cahier des charges.

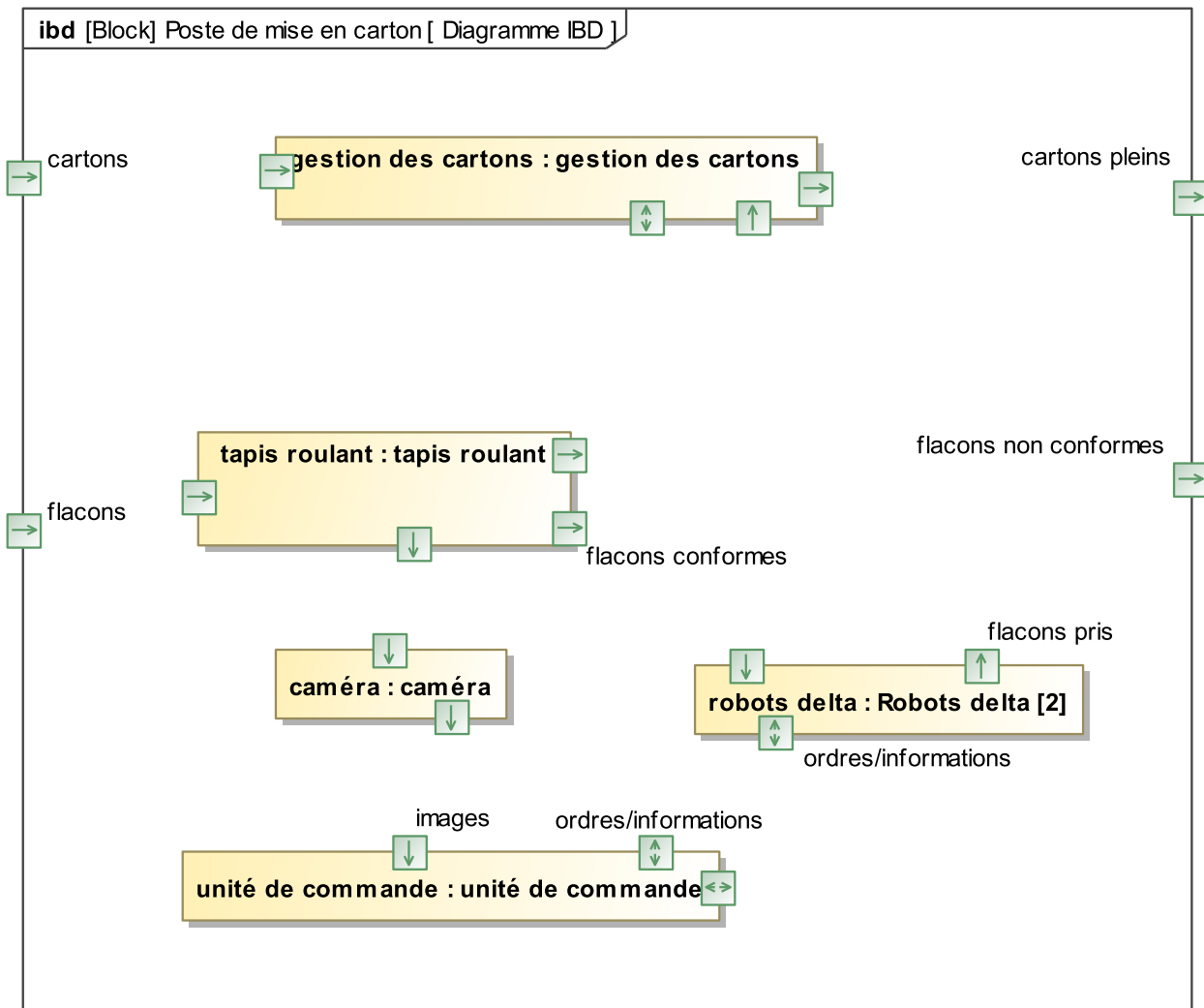
**Suite (chapitre 2 : architecture des systèmes)** On donne ci-dessous un diagramme BDD du poste de mise en cartons.



**Q6.** À l'aide de la description initiale du système, relier les blocs au poste de mise en cartons. Attention à bien prendre en compte les contenances internes.

Le diagramme IBD suivant propose une modélisation des flux du poste de mise en carton.

**Q7.** En vous aidant à nouveau de la description du système et des désignations des flux, relier les ports entre les blocs.



### Analyse de la structure de l'axe d'orientation d'un robot Delta.

Les deux robots utilisés sont de type Delta à architecture parallèle. Ces robots sont à quatre axes (en robotique, un axe est une liaison motorisée) :

- trois moteurs électriques assurent le déplacement de la plate forme mobile en agissant sur les trois bras 1, 2 et 3 (c'est la structure Delta tri motorisée)
- un moteur électrique assure l'orientation de la pince, via un axe cinématique d'orientation.

La fermeture et l'ouverture de la pince sont assurées par un vérin pneumatique.

L'orientation de la pince doit être précise pour permettre un bon placement des flacons dans les cartons. Pour cela, un asservissement est réalisé.

Un **codeur incrémental monté directement sur l'arbre moteur** mesure les informations de position et de vitesse de rotation de l'axe du moteur (rotor). Cette information numérique est utilisée par le **calculateur** qui la compare à une **valeur de consigne issue de l'analyse d'image**. Le calculateur, réglé au préalable par l'utilisateur via une **interface de commande**, donne des ordres à un **hacheur** qui distribue l'énergie électrique au **moteur à courant continu**. Le mouvement de rotation est ensuite réduit par un **réducteur de vitesse** puis transmis à la **pince** par le **double joint de cardan**.

**Q8.** Réaliser un schéma d'architecture en détaillant les chaînes d'énergie et d'information.