

POSTE DE MISE EN CARTON

1 Présentation

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

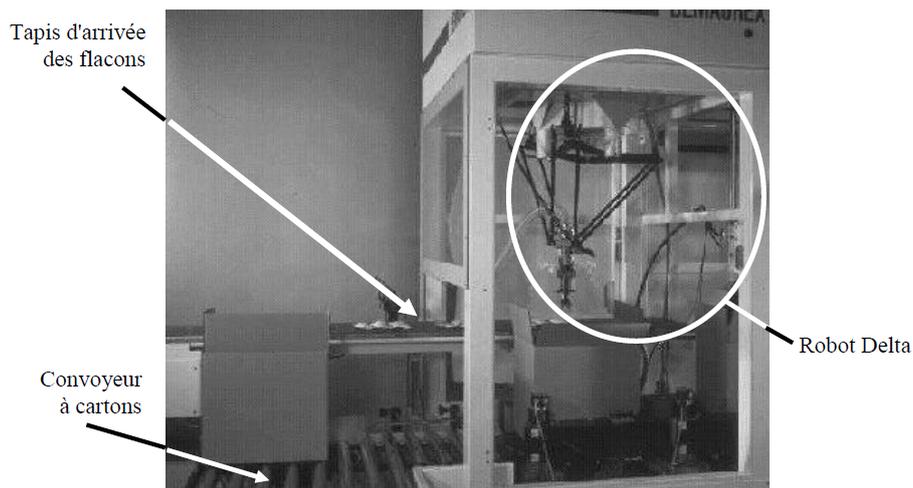


FIGURE 1 – Vue d'ensemble du poste de mise en cartons

Les flacons, qui sortent du four de cuisson, sont disposés les uns derrière les autres sur un tapis roulant qui les achemine jusqu'à un poste de conditionnement. 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, renversés, cassés...) sont évacués vers l'extérieur sur le même tapis roulant. 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'une 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 éléments constitutifs du poste de mise en cartons sont présentés sur la FIGURE 3 (à l'exception de la caméra).

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).

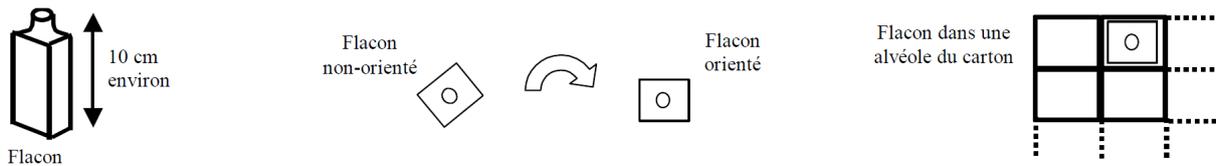


FIGURE 2 – Flacon et orientation du flacon

Les cartons vides sont acheminés sur la zone de chargement (zone $ZC1$ ou $ZC2$ de la 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 opérations de fermeture, de marquage et de palettisation des cartons pleins ne sont pas étudiées dans ce sujet.

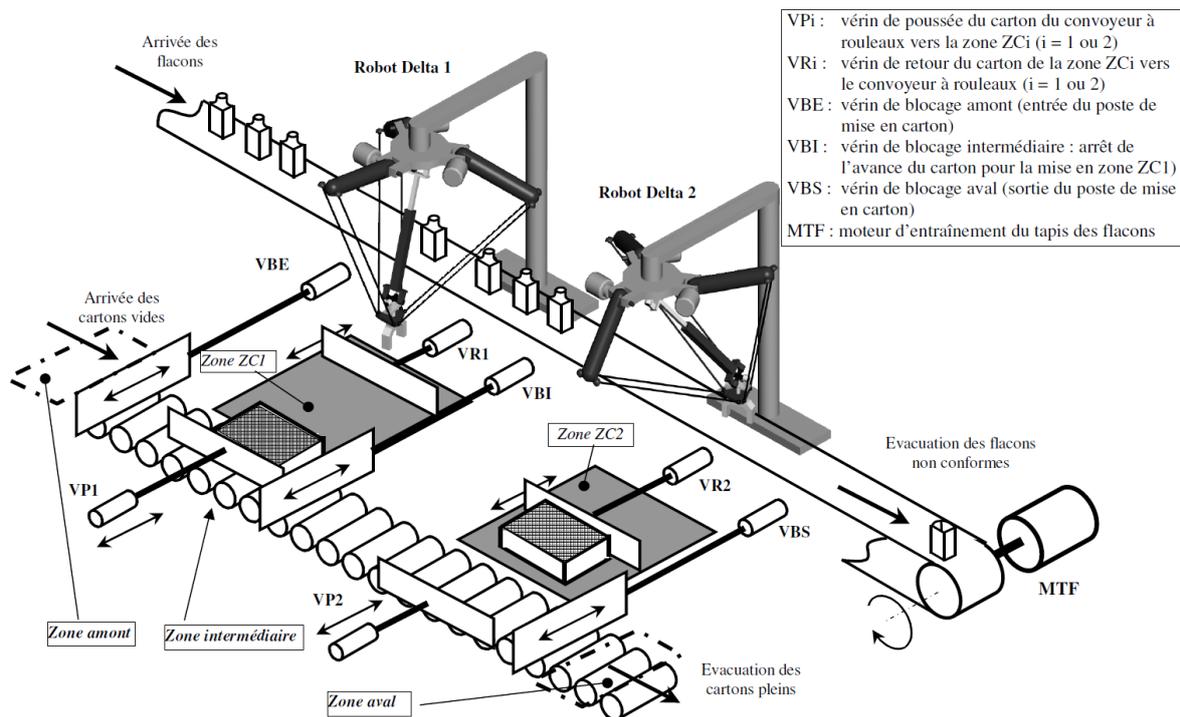


FIGURE 3 – Description du poste de mise en cartons (hors caméra)

Question 1 Proposer un diagramme SysML de cas d'utilisation du système de poste de mise en cartons.

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) équipé :

- de 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) ;
- d'un moteur électrique assure l'orientation de la pince, via un axe cinématique d'orientation.

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

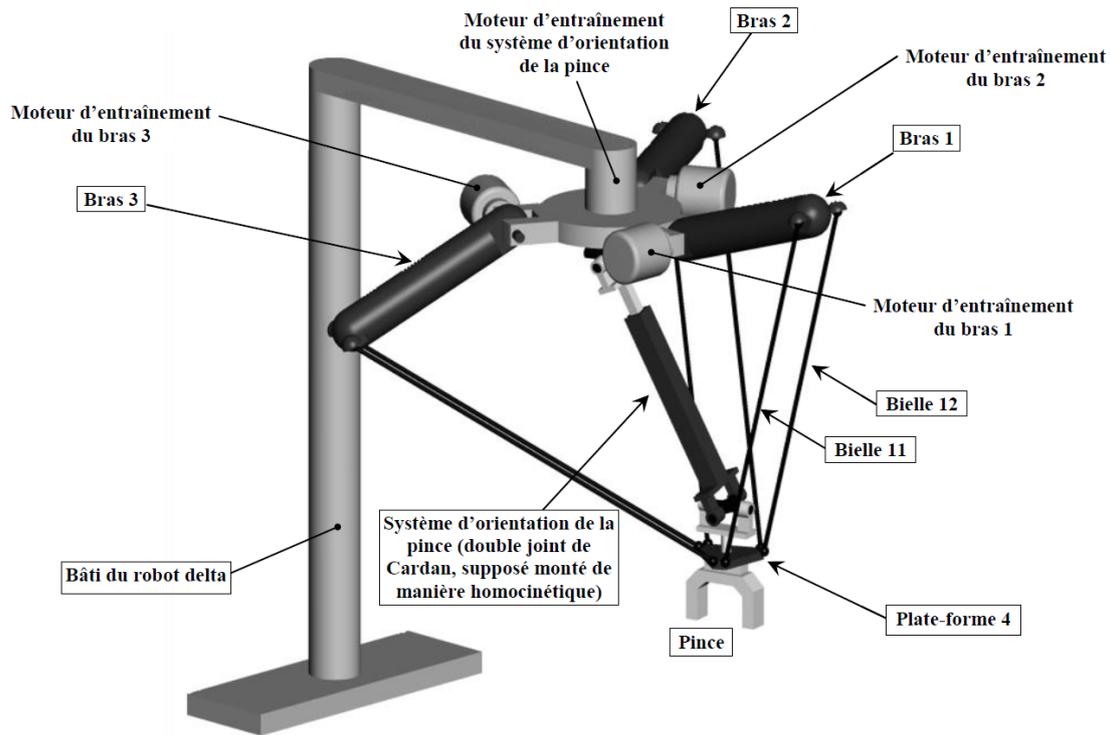


FIGURE 4 – Robot à structure parallèle de type « Delta »

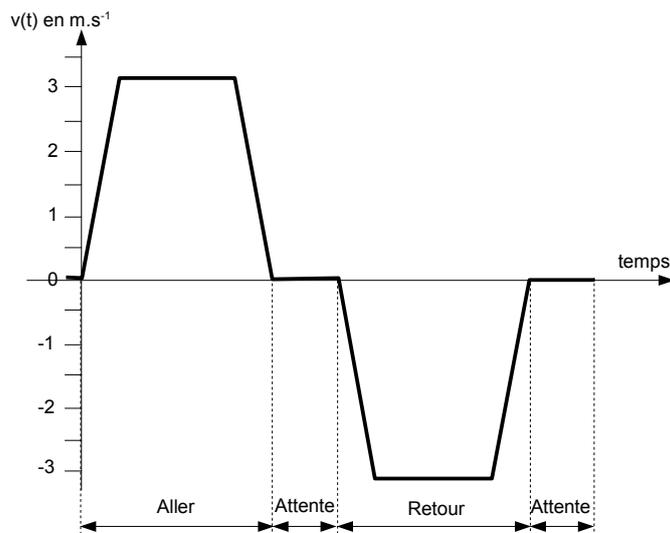
Le cahier des charges impose, vis à vis de la fonction principale du poste de mise en cartons, les performances suivantes :

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

FIGURE 5 – Extrait du recueil des exigences

2 Hypothèses simplificatrices

- Un seul robot « Delta » fonctionne et remplit seul un carton.
- Le déplacement de la pince avec un flacon jusqu'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, $v(t)$ sa vitesse et $a(t)$ son accélération.
- La prise et la dépose d'un flacon durent $0,1\text{s}$ chacune.
- Les moteurs du robot sont commandés de manière à obtenir l'évolution de la vitesse $v(t)$ du centre de gravité du flacon au cours d'un aller-retour, de la FIGURE 6.

FIGURE 6 – Cycle de vitesse $v(t)$ de la pince

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

3 Validation du cahier des charges

Question 2 Justifier à l'aide de la courbe de la FIGURE 6 que l'accélération et la décélération sont inférieures à l'accélération maximale spécifiée dans le cahier des charges.

Question 3 Calculer la durée T mise pour réaliser un aller (ou un retour) connaissant la distance D d'un flacon au carton et l'évolution de la vitesse $v(t)$.

Question 4 En déduire la durée d'un cycle. Conclure quand au respect du cahier des charges.

Pour atteindre les performances définies précédemment et notamment le cycle de vitesse de la FIGURE 6, 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	$t_{5\%} < 0,1$ s
Premier dépassement	$D_1^{\%} < 5\%$

Le relevé de la FIGURE 7 correspond à la position angulaire d'un des axes soumis à une consigne de position à atteindre de 10° .

Question 5 Valider le cahier des charges en précisant les valeurs atteintes par rapport à celles attendues dans le cahier des charges.

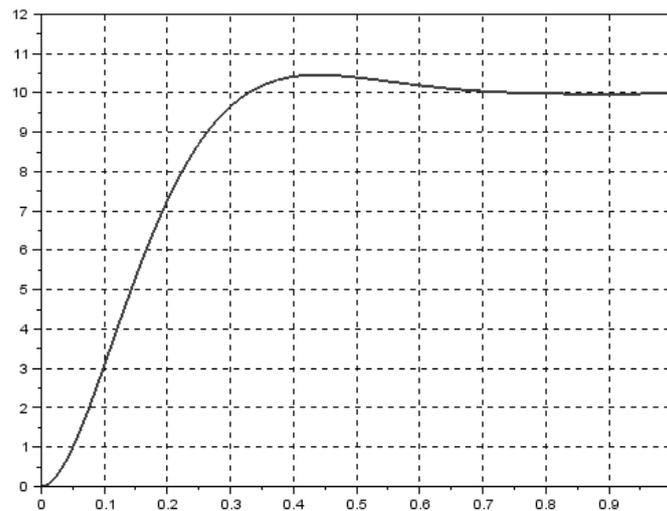


FIGURE 7 – Relevé de la position angulaire pour une entrée échelon d'amplitude 10°

On donne sur la FIGURE 8 un diagramme **bdd** du poste de mise en cartons.

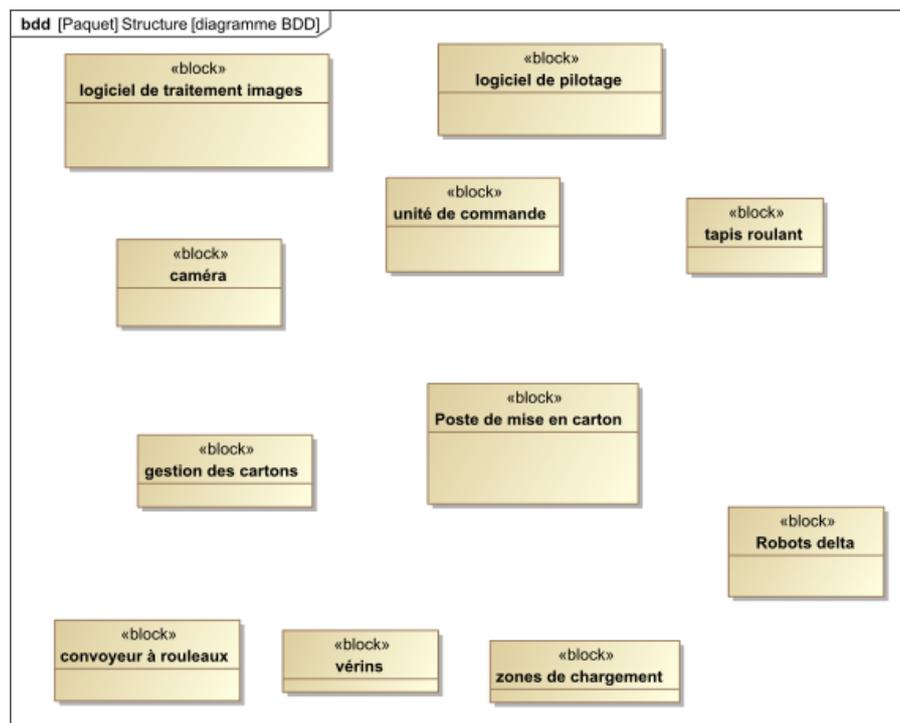


FIGURE 8 – Diagramme de définition des blocs

Question 6 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, sur la FIGURE 8.

Le diagramme **ibd** de la FIGURE 9 propose une modélisation des flux du poste de mise en cartons.

Question 7 En vous aidant à nouveau de la description du système, relier les ports de flux entre eux et préciser la nature des flux, sur la FIGURE 9.

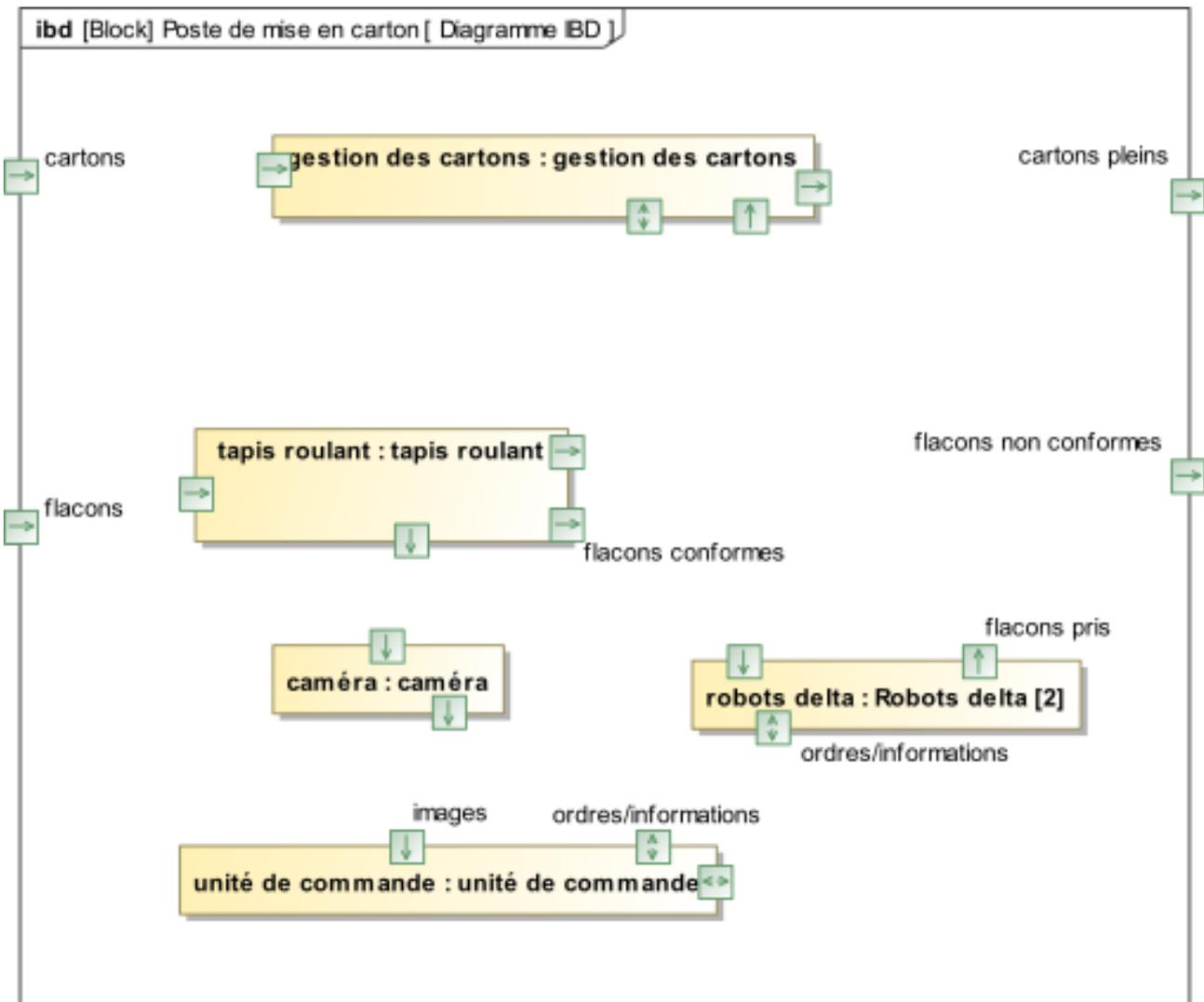


FIGURE 9 – Diagramme de blocs internes

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

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'images**. Le calculateur, réglé au préalable par l'utilisateur via une **interface de commande**, donne des ordres à un modulateur d'énergie DC-DC (**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**.

Question 8 Réaliser un schéma d'architecture en détaillant les chaînes d'énergie et d'information.