

Séquence 1
TD 1

Robot trooper

Dans le programme : A3-03 ; A3-04

Source : CCINP PSI 2021

En pépinière (Figure 2), il faut constamment déplacer les pots pour profiter de la lumière, pour regrouper les cultures, isoler celles qui posent problème, ... Ce travail est pénible physiquement et les pépiniéristes peinent à trouver de la main d'œuvre pour réaliser ces tâches quotidiennes difficiles. La Startup INSTAR ROBOTICS, spécialisée dans le développement de robots d'assistance, a conçu le robot TROOPER qui permet de répondre à ce besoin (Figure 3).



FIGURE 2 – Culture de tomate hors-sol



FIGURE 3 – Robot Trooper

Pour se déplacer, le robot utilise deux roues motorisées indépendantes à l'avant et deux roues folles à l'arrière. Le robot embarque une batterie pouvant délivrer jusqu'à 100 Volts. Une carte de commande dédiée à chaque moteur utilise l'information d'un codeur incrémental monté sur chaque axe moteur pour donner des ordres au hacheur pilotant ce même moteur. Un réducteur permet d'adapter la vitesse de rotation du moteur pour la transmettre à la roue. Pour permettre au robot de se diriger correctement, un dispositif LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging : émetteur/récepteur infrarouge) fournit des informations sur l'environnement à un micro-ordinateur qui se charge d'envoyer des consignes aux cartes de commande des moteurs. L'utilisateur peut communiquer avec le robot à l'aide d'une tablette en Bluetooth.

Question 1* : À l'aide des informations ci-dessus, compléter les chaînes d'énergie et d'information pour le déplacement du robot.

Remarque : Les questions dont le numéro est suivi d'un astérisque sont des questions de concours non modifiées, directement copiées-collées depuis le sujet d'écrit source.

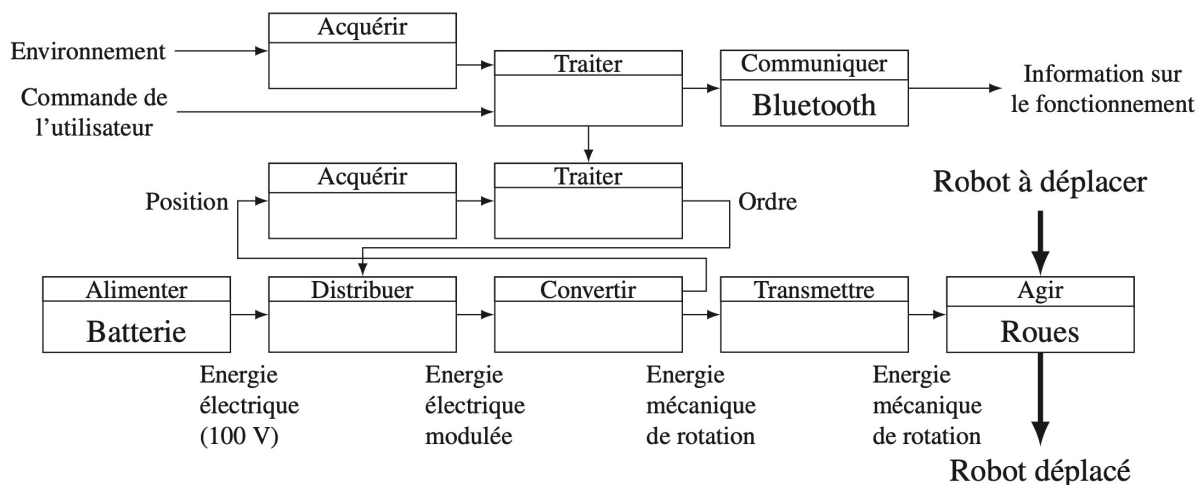


FIGURE 4 – Chaines d'énergie et d'information pour le déplacement du robot

Séquence 1
TD 2

Prothèse active transtibiale

Dans le programme : A2-02 ; A2-03 ; A3-01 ; A3-03 ; A3-04

Source : CCINP PSI 2021

Présentation

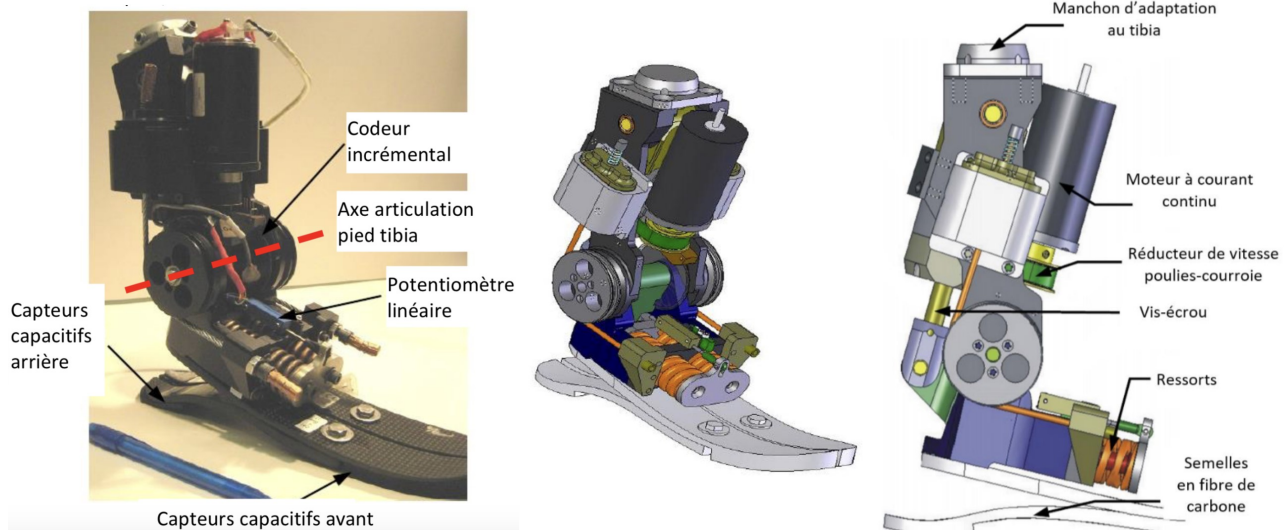
La majorité des prothèses transtibiales (pour une amputation en dessous du genou) utilisées aujourd'hui est purement **passive**, c'est-à-dire que leurs propriétés mécaniques restent fixes pendant la marche. Ces prothèses sont constituées, en général, de semelles ressorts en fibre de carbone conçues pour emmagasiner et restituer l'énergie mécanique de la marche par déformation.

On s'intéresse ici à un prototype mis au point par des ingénieurs du MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) qui a conduit à une nouvelle génération de prothèses, dites **actives**. Cette prothèse active transtibiale est capable d'offrir un comportement similaire à celui des membres non amputés.

Un moteur à courant continu est alimenté par une batterie rechargeable de 16V à travers un hacheur. La puissance mécanique est transmise à un réducteur de vitesse poulies-courroie suivi d'un système vis-écrou (transformation du mouvement). Un mécanisme à trois barres permet ensuite de retransformer le mouvement de translation en rotation du pied/tibia.

Les informations délivrées par les capteurs sont traitées par un ordinateur qui élabore la commande. Le système comprend :

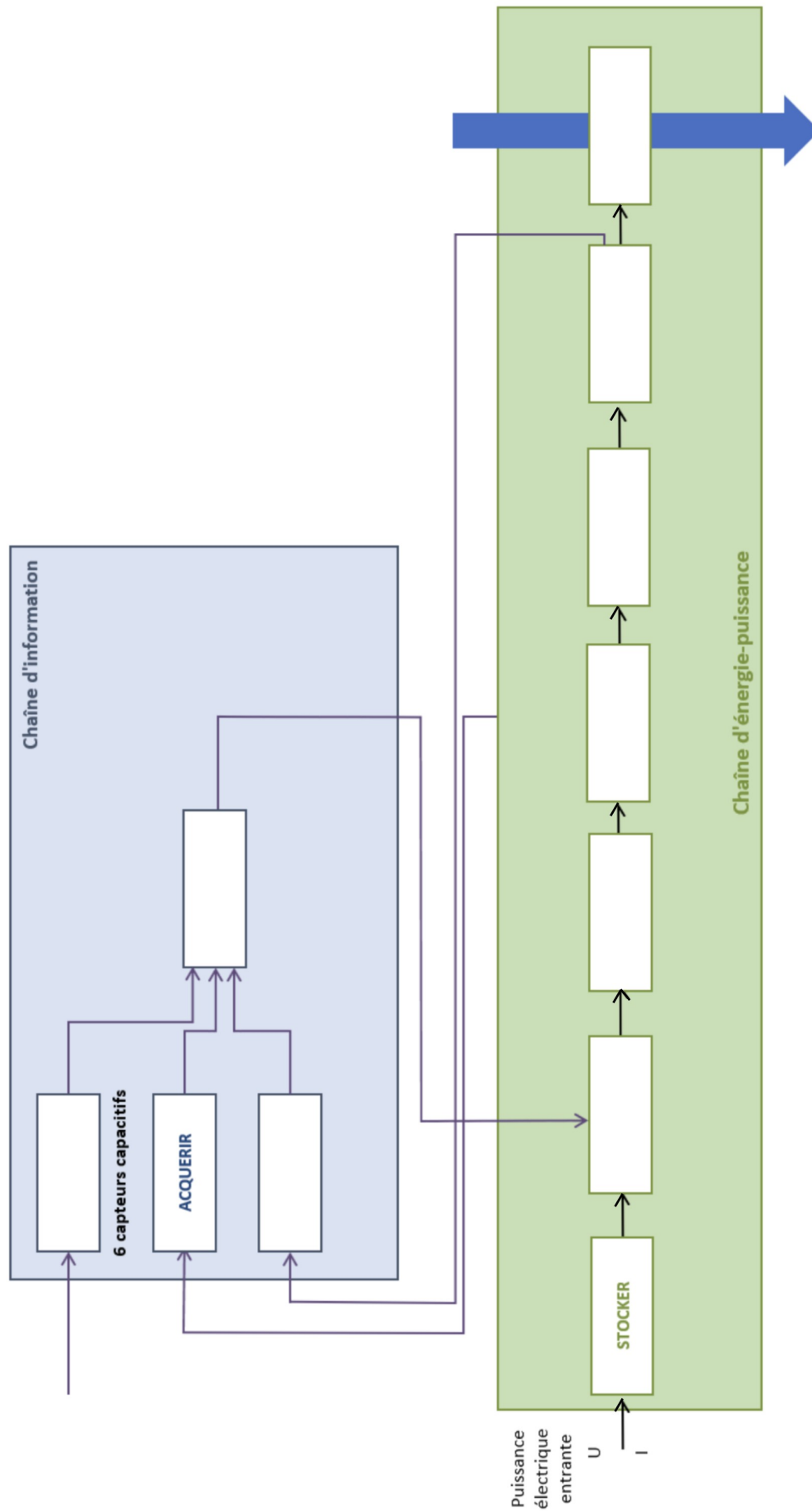
- un potentiomètre linéaire qui mesure l'écrasement des ressorts ;
- un codeur incrémental qui mesure la position angulaire au niveau de l'articulation pied/tibia;
- six capteurs capacitifs disposés sous la semelle (deux au talon et quatre à l'avant du pied) qui détectent les contacts semelle/sol;
- des ressorts permettant d'accumuler de l'énergie et d'ajuster la souplesse du pied artificiel.



Question 1 : Lister les constituants de la chaîne d'information et ceux de la chaîne d'énergie-puissance (le ressort n'est pas pris en compte comme constituant de la chaîne fonctionnelle).

Question 2 : Identifier le constituant transmettant une commande à la chaîne d'énergie-puissance et le constituant de la chaîne d'énergie-puissance recevant cette commande. Préciser leur fonction.

Question 3 : Compléter la chaîne d'information et la chaîne d'énergie-puissance liées à l'activité « positionner angulairement le pied/tibia ».



Séquence 1
TD 3

SEGWAY

Dans le programme : A1-01 ; A1-04

Source : Concours Centrale-Supélec 2005 (Filière PSI)

Le Segway est un véhicule individuel à la conduite intuitive : direction à la poignée et avance en fonction de la position du corps (voir vidéo sur site internet). De type pendule inversé, il est naturellement instable. L'équilibre est assuré par la commande du système.



Question 1 : Compléter le diagramme de contexte du Segway

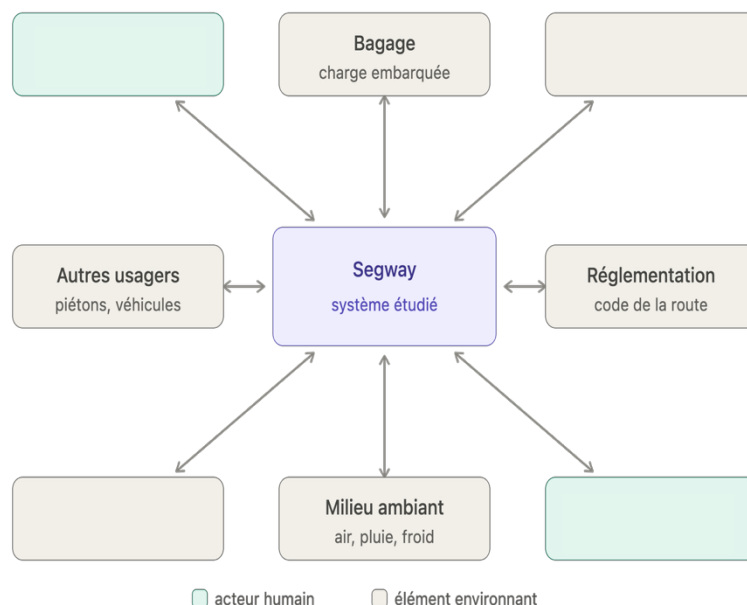
Question 2 : Sur les exigences Id 1.2, 1.7.1, 1.7.2 et 1.7.3 du diagramme des exigences, souligner (ou surligner) en rouge les critères et en vert les niveaux associés.

Question 3 : Proposer un critère et un niveau associés à l'exigence Id 1.5.

Question 4 : Donnez la flexibilité sur le temps de charge de la batterie

Question 5 : Sur le diagramme des blocks internes, indiquer en rouge les flux d'énergie et en bleu les flux d'information

Diagramme de contexte



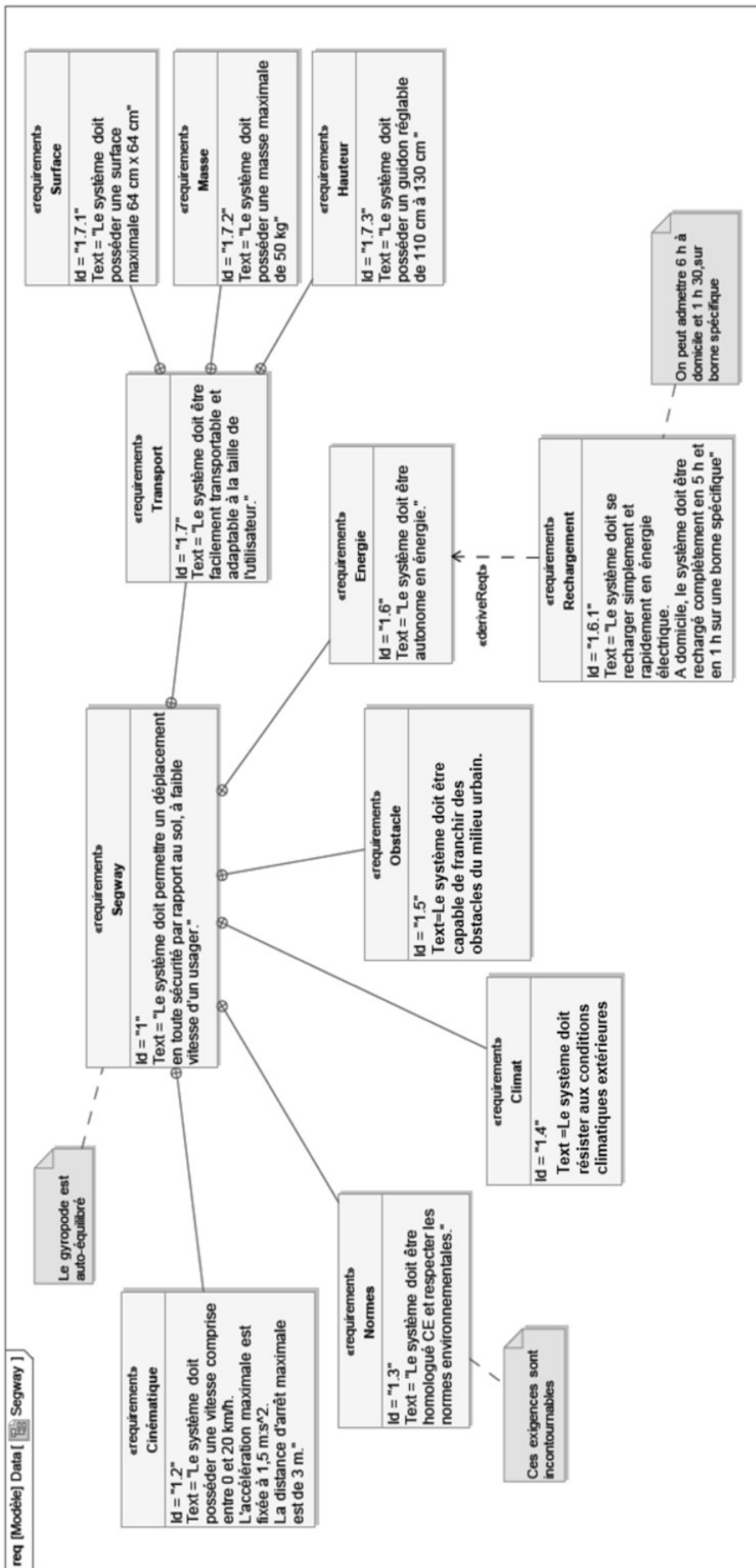


Diagramme des exigences

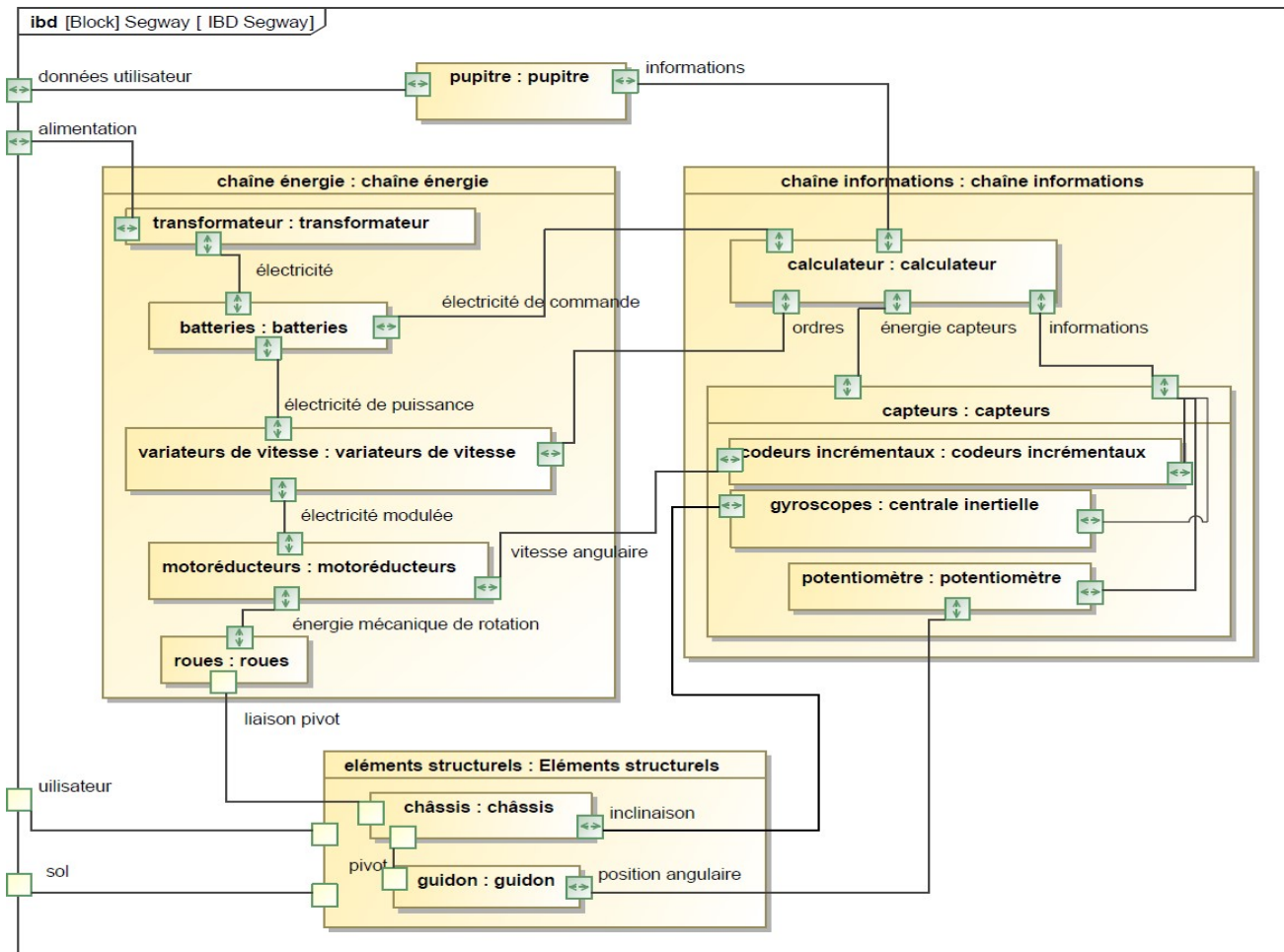


Diagramme des blocs internes

Séquence 1
TD 4

Poste de mise en cartons

Dans le programme : A1-01 ; A2-01 ; A3-01 ; A3-03 ; A3-04 ; A4-03 ; C2-03

Source : Vuibert SII et E. Pinault-Bigeard (d'après C. Paillet)

1 Présentation

Une usine de fabrication de flacons en verre pour parfum possède un poste de mise en cartons qui fait l'objet de la présente étude.

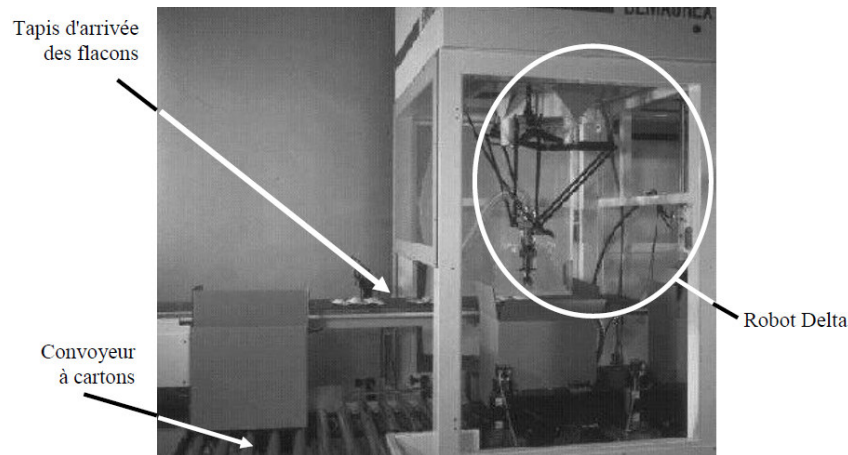


Figure 1 – Vue d'ensemble du poste de mise en cartons

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, permet de vérifier 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 l'un des deux robots Delta et placé dans une alvéole du carton. Les deux robots Delta travaillent en parallèle sous la conduite d'une même unité de commande. Ils saisissent les flacons sur le tapis roulant commun et remplissent chacun un carton différent. Chaque carton plein contient 48 flacons. Les éléments constitutifs du poste de mise en cartons sont présentés figure 3.

Les images issues de la caméra permettent également à la commande de donner un ordre d'orientation du flacon au robot qui l'a saisi, afin que le flacon rentre aisément dans l'alvéole correspondante, de forme parallélépipédique.

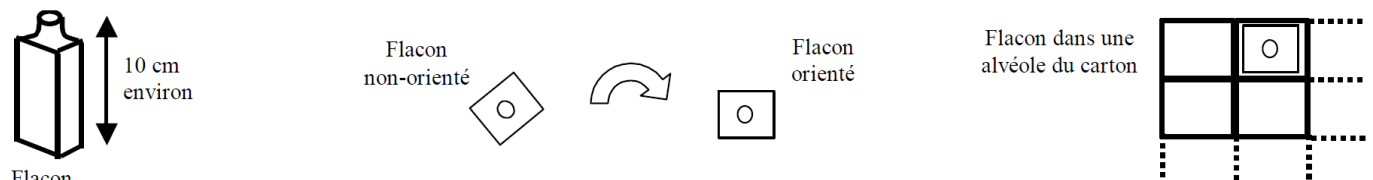


Figure 2 – Orientation d'un flacon avant sa dépose dans une alvéole

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, marquage et palettisation des cartons pleins ne sont pas étudiées dans ce sujet.

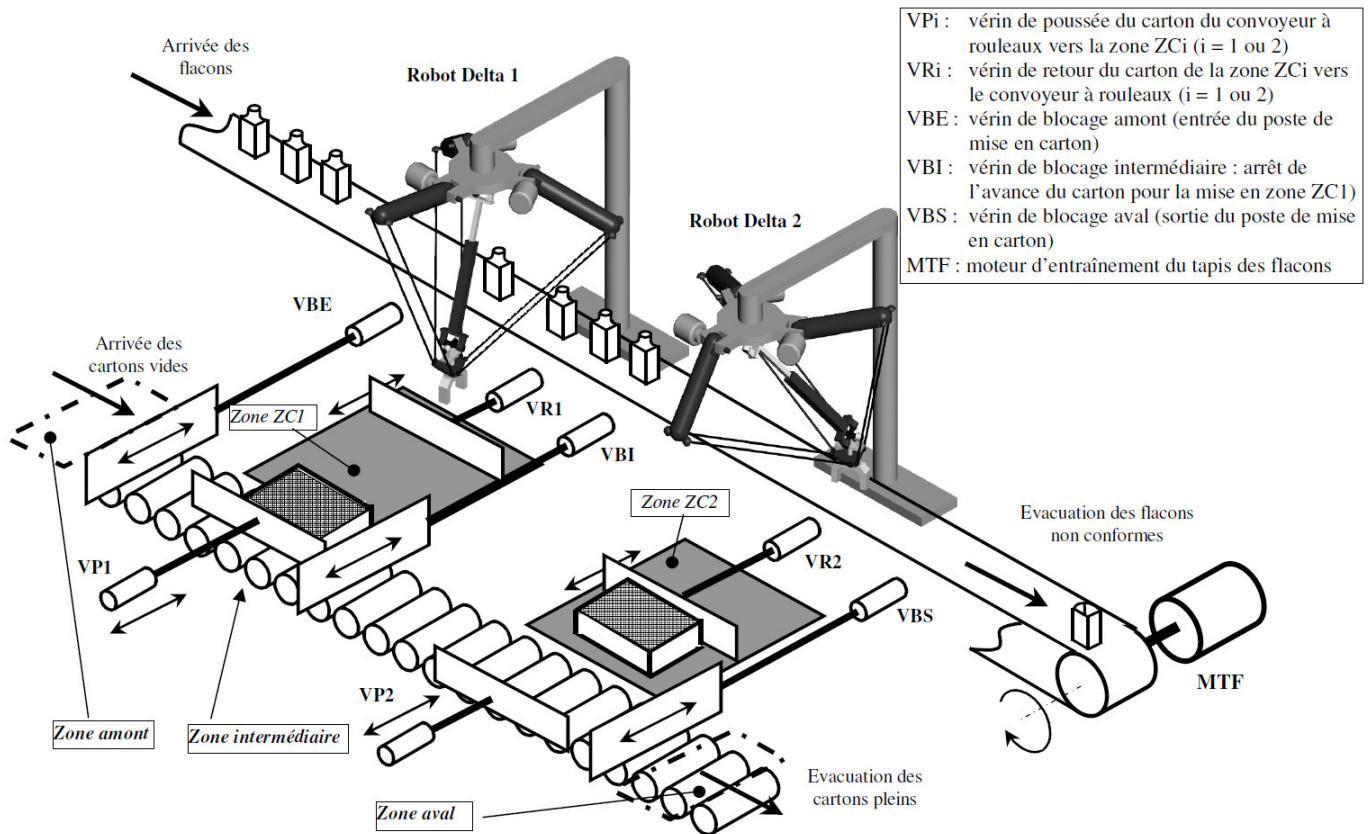


Figure 3 – Description du poste de mise en cartons (hors caméra)

Cahier des charges

Le cahier des charges impose de respecter les exigences spécifiées dans le diagramme des exigences partiel présenté figure 4.

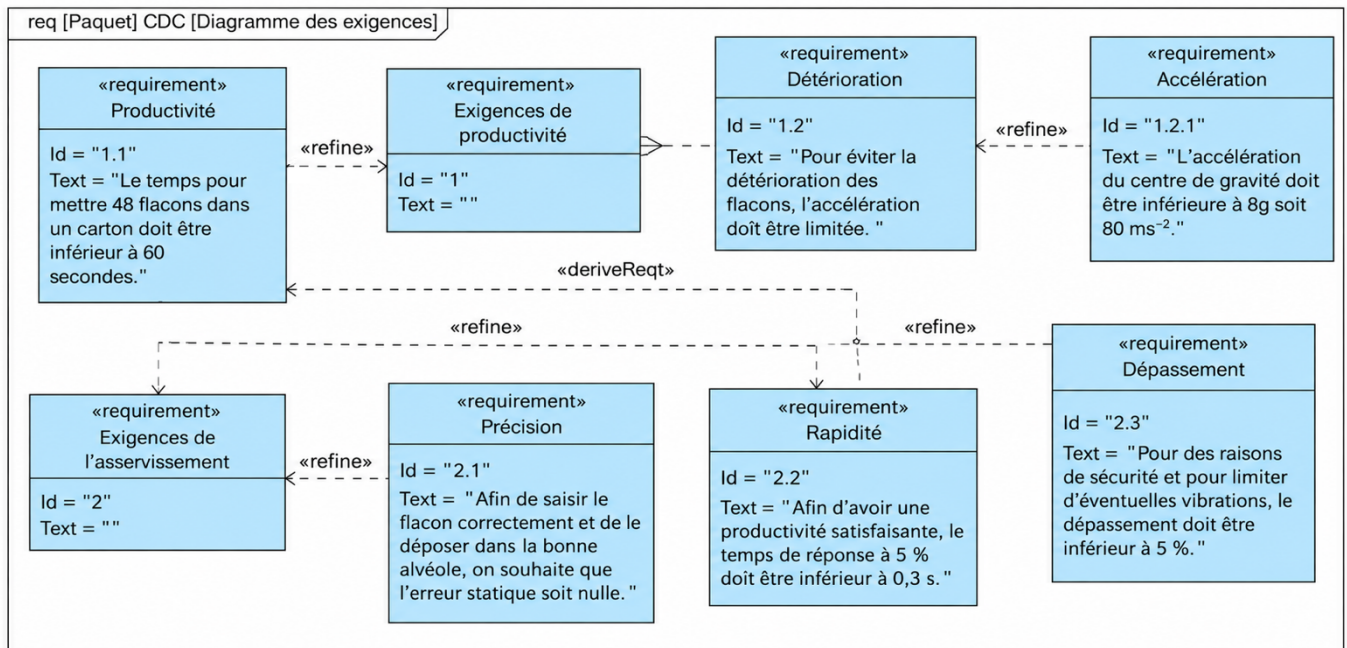


Figure 4 – Diagramme partiel des exigences du poste de mise en cartons

Objectif : on cherche à valider les exigences de temps de cycle pour le poste de mise en cartons. La rapidité et la précision des robots Delta devront ensuite être évaluées vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

2 Analyser le besoin et la structure du poste de mise en cartons

Question 1 : Compléter le diagramme SysML de cas d'utilisation du poste de mise en cartons ainsi que le diagramme de contexte (figure 5).

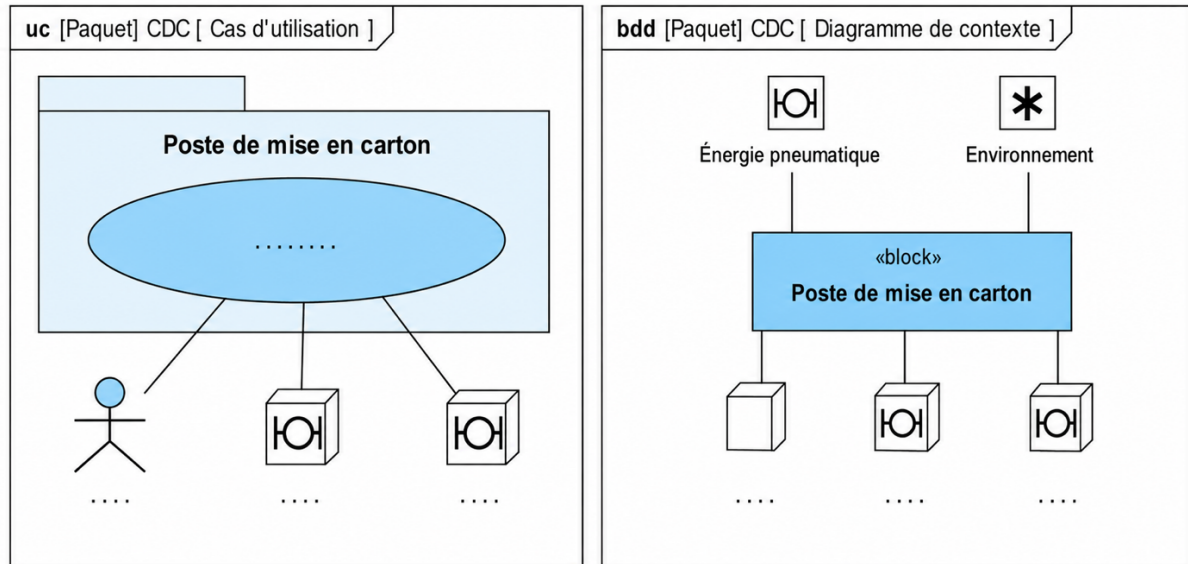


Figure 5 – Diagrammes SysML : cas d'utilisation et contexte du poste de mise en cartons

Question 2 : À l'aide de la description initiale, relier les blocs au poste de mise en cartons dans le diagramme de définition de blocs (figure 6).

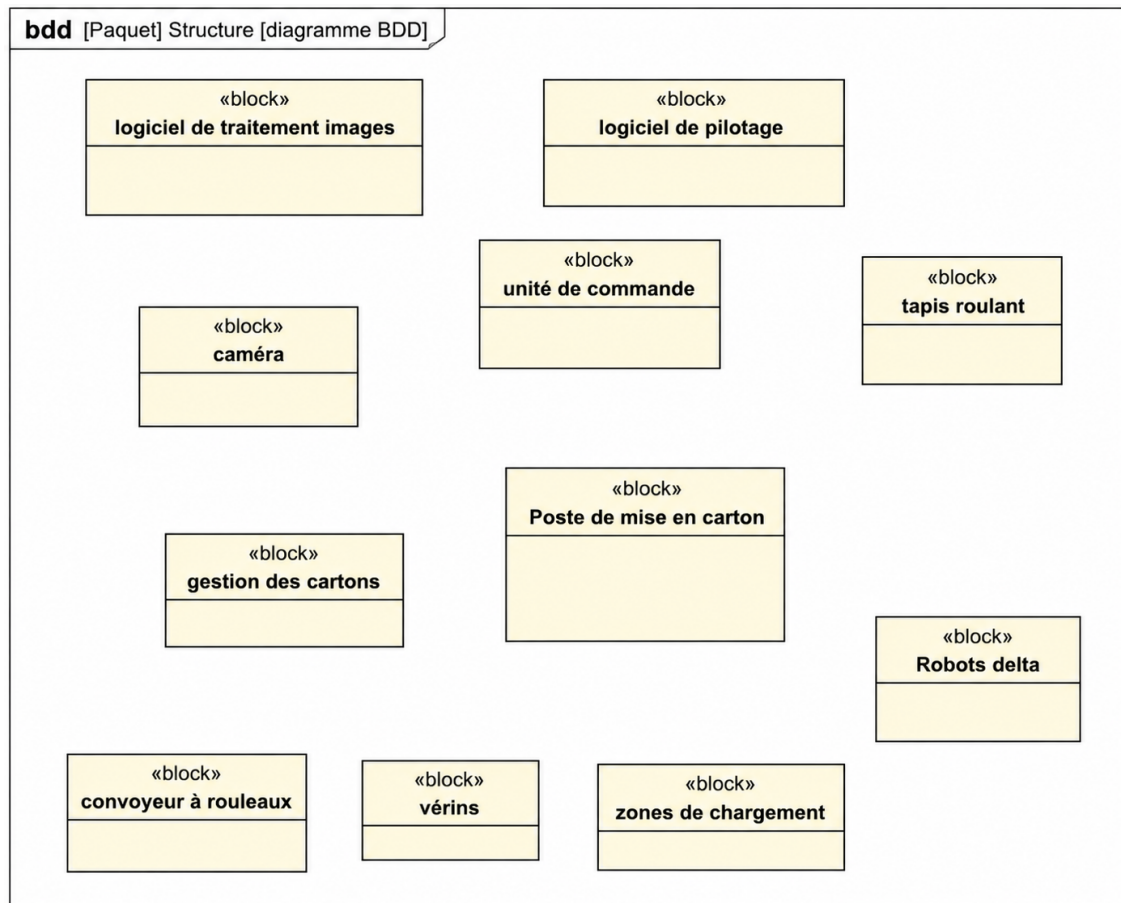


Figure 6 – Diagramme de définition de blocs (bdd) du poste de mise en cartons

Le diagramme de blocs internes (figure 7) propose une modélisation partielle des flux du poste de mise en cartons.

Question 3 : En vous appuyant à nouveau sur la description du système, relier les ports de flux entre eux et préciser la nature des flux (figure 7).

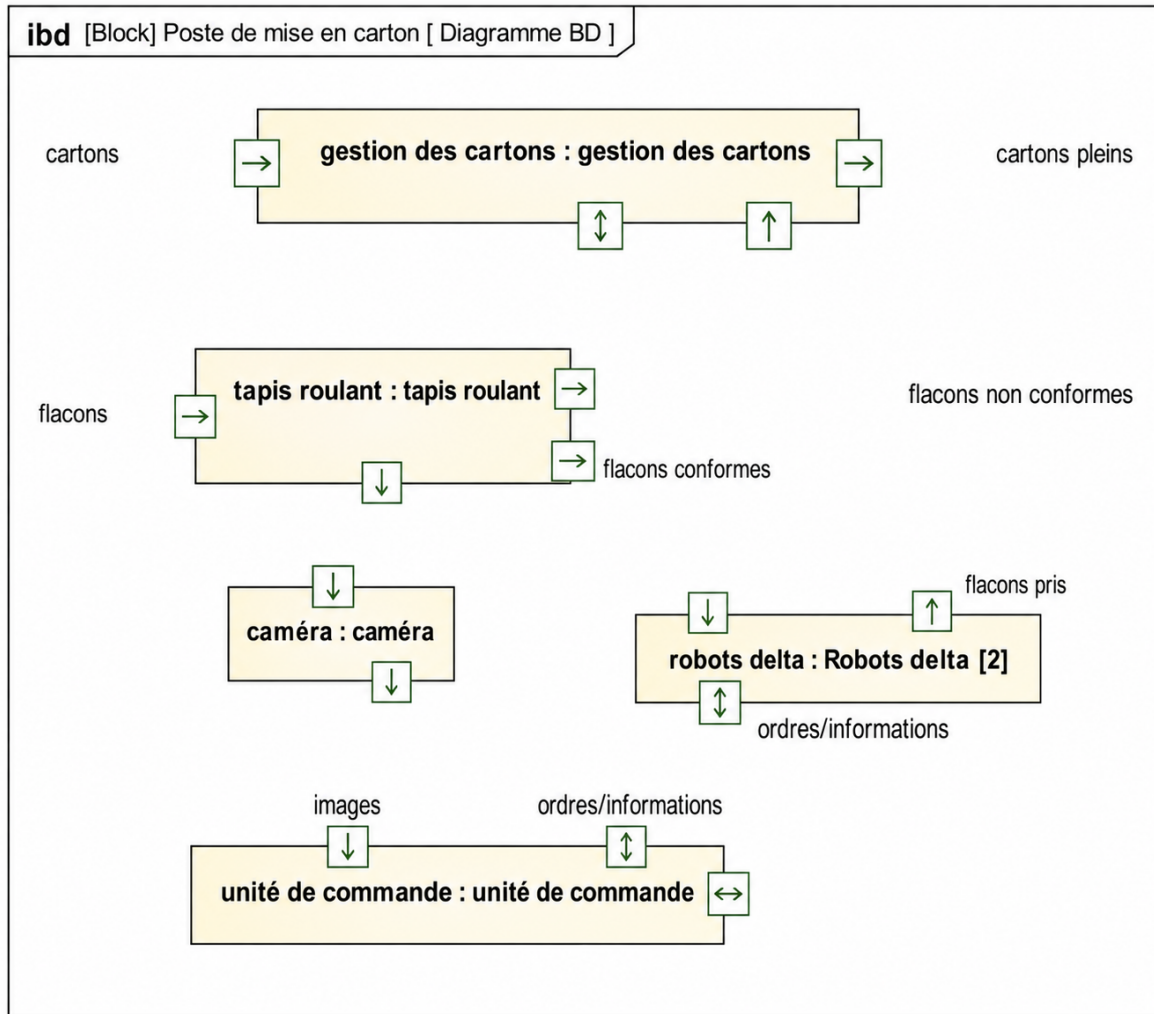


Figure 7 – Diagramme de blocs internes (ibd) du poste de mise en cartons

3 Valider l'exigence de productivité du poste de mise en cartons

Hypothèses simplificatrices

- Un seul robot est considéré : il fonctionne seul et remplit intégralement un carton.
- Le déplacement de la pince tenant un flacon jusqu'au carton est rectiligne et supposé identique d'un flacon à l'autre. La distance à parcourir est $D = 0,8 \text{ m}$. On note $x(t)$ 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 chacune $0,1 \text{ s}$.
- Les moteurs du robot sont commandés de façon à imposer l'évolution de la vitesse $v(t)$ du centre de gravité du flacon selon la loi de commande donnée figure 8, pour un aller-retour.
- Les phases d'accélération et de décélération ont une durée identique, fixée à $\Delta t = 0,06 \text{ s}$.

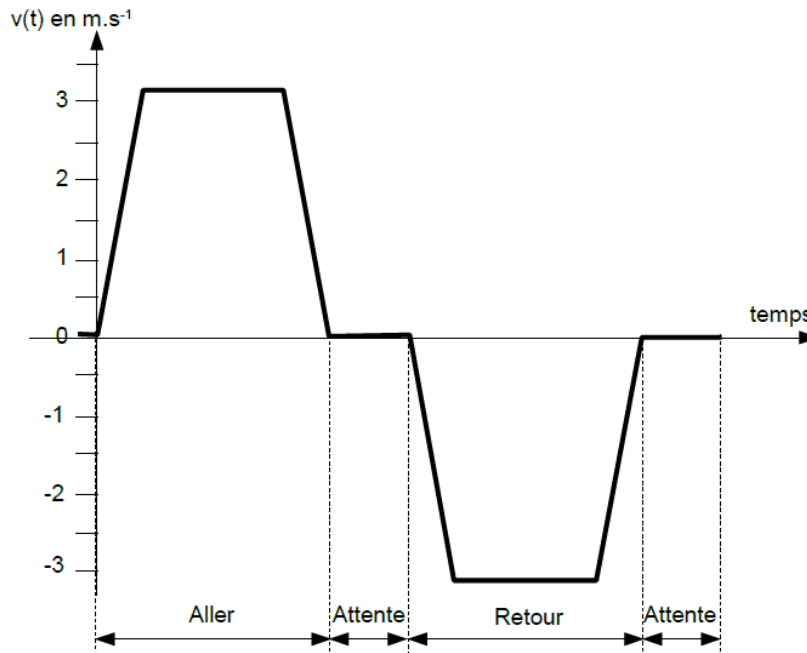


Figure 8 – Loi de commande en vitesse du déplacement de la pince

Question 4 : Justifier, à l'aide de la courbe ci-dessus, que les accélérations et décélérations restent inférieures à l'accélération maximale spécifiée dans le cahier des charges (exigence Id = « 1.2.1 »).

Question 5 : Calculer la durée T nécessaire pour réaliser un aller (ou un retour), connaissant la distance D à parcourir et l'évolution temporelle de la vitesse $v(t)$.

Question 6 : En déduire la durée d'un cycle complet (aller + retour + prise/dépose), puis la durée de remplissage d'un carton. Conclure sur le respect ou non de l'exigence Id = « 1.1 ».

4 Analyser la structure des robots Delta

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

- de trois moteurs électriques qui 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 qui assure l'orientation de la pince, via un axe cinématique d'orientation.

L'ouverture et la fermeture de la pince pour la saisie des flacons sont assurées par un vérin pneumatique. L'orientation de la pince doit être précise afin de permettre un placement correct des flacons dans les cartons. Pour cela, un asservissement est réalisé : l'information issue d'un capteur sur le mouvement de la pince est utilisée pour corriger le comportement de celle-ci.

Un **codeur incrémental** monté directement sur l'arbre moteur mesure la position et la vitesse de rotation de l'axe du moteur (rotor). Cette information numérique est transmise au **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**, envoie 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 l'intermédiaire d'un **double joint de cardan** (dispositif permettant de transmettre le mouvement entre deux axes non coaxiaux).

Question 7 : Compléter la chaîne fonctionnelle du positionnement angulaire de la pince donnée figure 9 : nommer les constituants de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information, et préciser la nature des flux échangés.

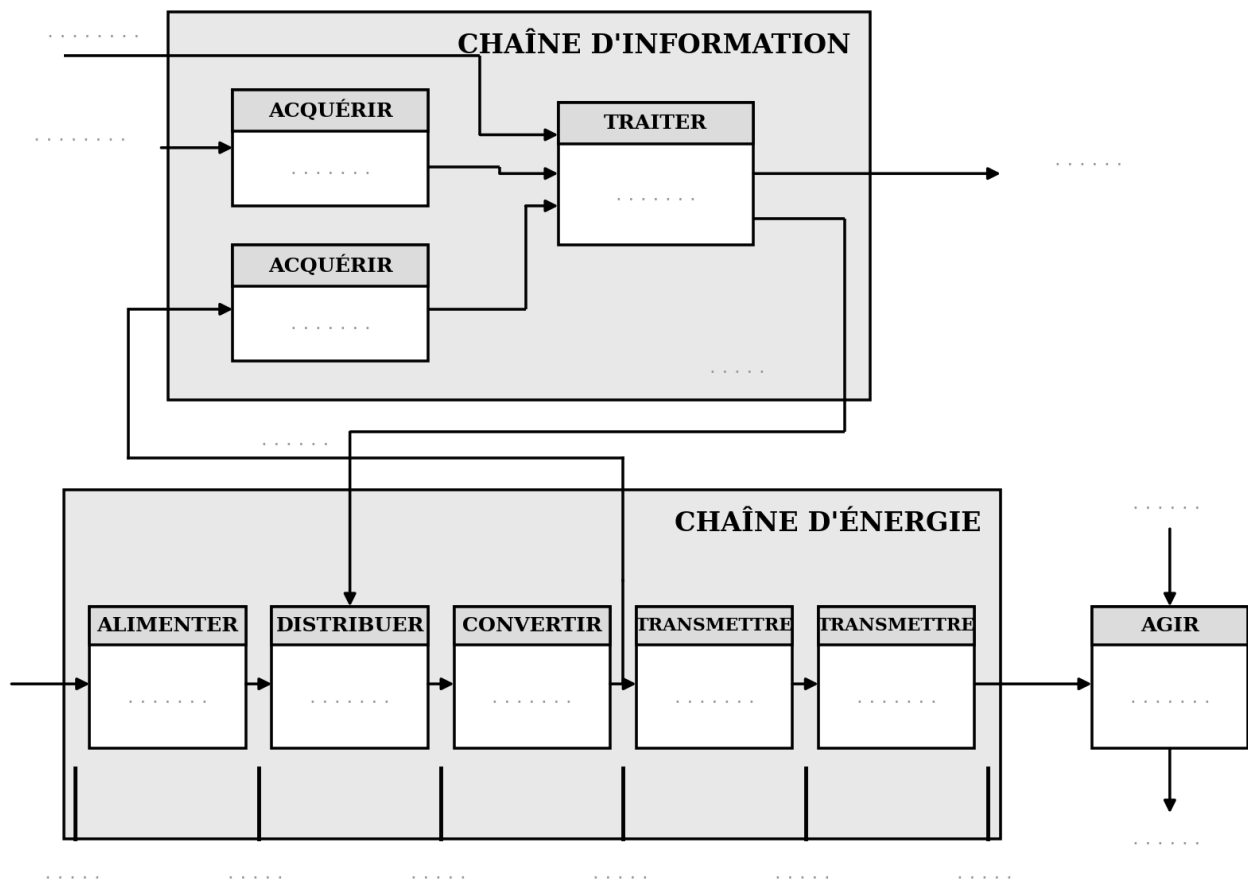


Figure 9 – Chaîne fonctionnelle du positionnement angulaire de la pince (à compléter)

5 Valider les performances du robot Delta

On utilise un modèle numérique pour simuler le comportement du système. Le relevé de la figure 10 correspond à la position angulaire (en degrés) d'un des axes soumis à une consigne de position de 10° à atteindre.

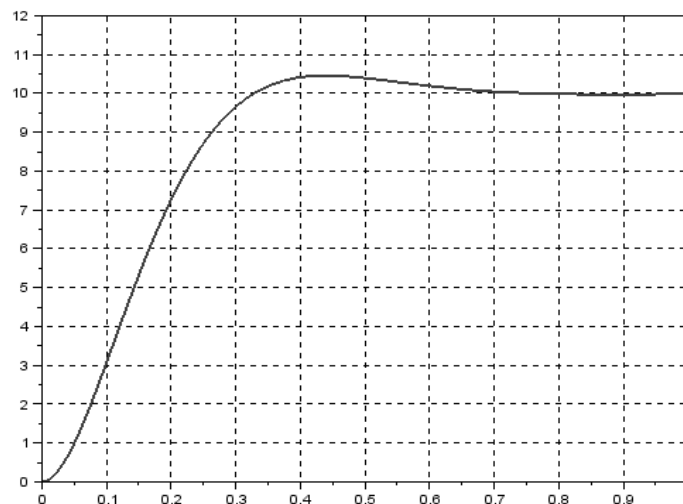


Figure 10 – Réponse simulée du système pour une consigne de position angulaire de 10°

Question 8 : Les performances simulées correspondent-elles aux valeurs attendues du cahier des charges ? Quantifier les écarts obtenus et conclure quant au respect des exigences Id = « 1.1 », « 2.1 », « 2.2 » et « 2.3 ».