

30/11/2016



Robot de Manutention

Bureau d'Etude

Lucas LOPEZ

Benjamin Esquirol

Christophe Tagnères

Christelle Abbey

Yannick Rodriguez

Table des matières

I - Introduction	2
II - Cahier des charges	3
III - Analyse des besoins	4
IV - Analyse des exigences	7
V - Conception générale	9
1) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Mettre en stock »	10
2) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Transporter les produits de l'atelier vers leurs zones de stockage respectives	11
3) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Tester et régler »	13
4) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Gérer obstacle »	14
5) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Réaliser une maintenance curative »	15
VI - Conception détaillée	16
1) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Mettre en stock »	16
2) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Tester et régler »	17
3) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Gérer obstacle »	17
4) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Réaliser une maintenance curative »	17
VII - Composition du Robot de Manutention	18
1) Module gérant le système du robot de manutention	18
2) Moteur et gestion des moteurs	18
3) Bras manipulateur	19
4) Modules de détection	19
5) Interface Homme Machine	19
6) Protocole de Communication	20

I - Introduction

Le contexte de l'étude qui nous a été proposée est l'automatisation de la logistique interne d'un environnement industriel simulé.

Celui-ci est constitué d'une zone de stockage et d'un atelier dans lequel le robot de manutention va se mouvoir et va aller chercher les pièces qui sortent de fabrication.

La zone de stockage, quant à elle, est composée de trois parties différentes qui sont dédiées au stockage des petites pièces, des grandes pièces et à l'emplacement du robot.

La mission principale du robot de manutention est de transporter les différentes pièces de la sortie du centre d'usinage (FECCU1 et FECCU2) vers la zone de stockage, où elles seront triées suivant leur taille. Le robot se déplace dans l'atelier suivant les chemins définis dans l'image ci-dessous :

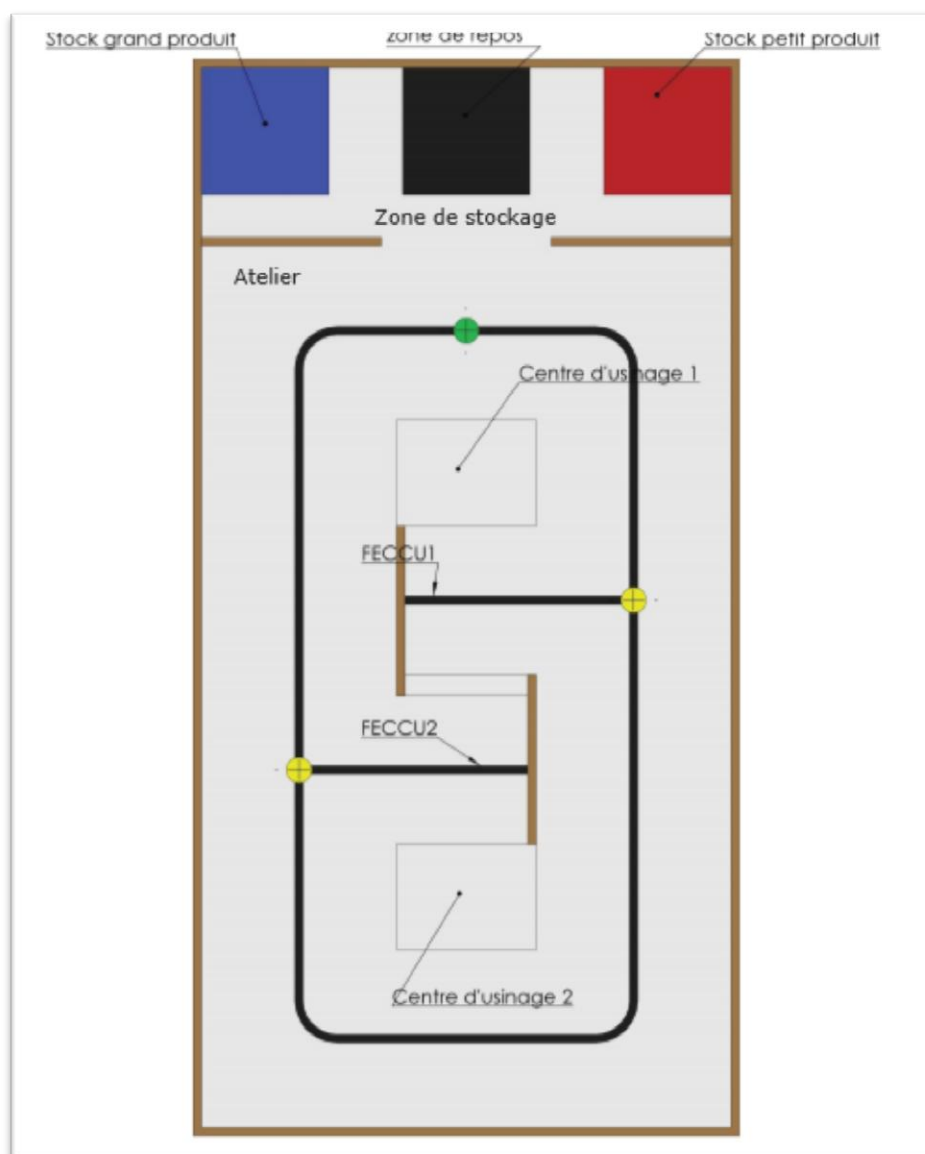


Figure 1 : Plan de l'atelier

II - Cahier des charges

Initialement, le robot est en position veille, sur sa zone de repos, à l'intérieur de la zone de stockage. La composition des tapis de la sortie de l'usine, dont la capacité est de 3 produits, est connue avant le début de la mission.

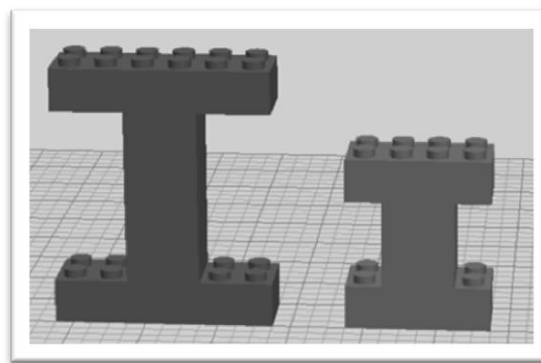
Chacune de ces files contient soit uniquement des petits produits, soit uniquement des grands produits.

Sur ordre du chef d'atelier, le robot est mis en marche par un opérateur.

Dans un temps donné, le robot doit sans intervention manuelle aller chercher les produits dans l'atelier, les apporter dans le stock correspondant à leur taille et revenir dans la zone de repos en position veille.

Une description picturale des deux types de pièces est proposée ci-après :

Figure 2 : Modèles des pièces grande et petite



Leur forme de i majuscule offre une liberté au robot de pouvoir les soulever par leurs extrémités hautes au moyen d'un bras muni d'une pince. Les pièces ne doivent en aucun cas être en contact avec le sol lors du transport.

Dans la zone de repos, il n'y a pas de contrainte d'orientation, alors que dans l'atelier celui-ci doit emprunter les allées de circulation délimitées par les lignes se trouvant sur le sol.

Les zones machines (CU1, CU2) sont interdites à toute circulation (présence possible de barrières, d'obstacles...). Pour ses déplacements à l'intérieur de la zone de stockage, la circulation du robot est totalement libre.

Le robot devra être capable de réaliser six missions consécutives par journée de huit heures sans avoir besoin d'une quelconque forme de maintenance.

Dans le cadre de sa mission, le robot se déplace en toute autonomie sans l'intervention des opérateurs, néanmoins il devra s'arrêter s'il rencontre un obstacle le gênant dans son parcours durant le déplacement dans l'atelier. Il ne pourra poursuivre sa mission qu'un fois que l'obstacle ait été évacué.

Si le robot se trouve dans une situation de blocage, causée par un arrêt de fonctionnement ou une détérioration d'un équipement, l'opérateur peut effectuer des opérations de maintenance curative. Le repositionnement et le redémarrage du robot à l'intérieur de la zone d'évolution à l'endroit correspondant à l'apparition de l'incident sont alors réalisés par ce même opérateur.

III - Analyse des besoins

Dans un premier temps, les acteurs du projet ont été définis pour structurer le système et les besoins client.

L'acquéreur est la personne qui cherche à acquérir ce système.

On peut définir deux profils pour cet acteur, un profil client car il va passer la commande et fournir une liste de besoins qui seront listés ultérieurement, et un profil de propriétaire qui va se servir du robot de manutention pour sa production.

On trouve par la suite, le concepteur, celui qui va concevoir le système dans son intégralité en intégrant tous les composants que nous avons étudiés et qui seront présentés plus tard dans ce rapport.

Le troisième acteur est l'opérateur, la personne qui va piloter le robot, non pas en le guidant dans son travail, mais qui va le paramétrer avant l'utilisation.

Et pour finir il y a le mainteneur, celui qui réalisera la maintenance en cas de défaillance du système, et d'autres paramètres définis dans la liste des besoins et exigences.

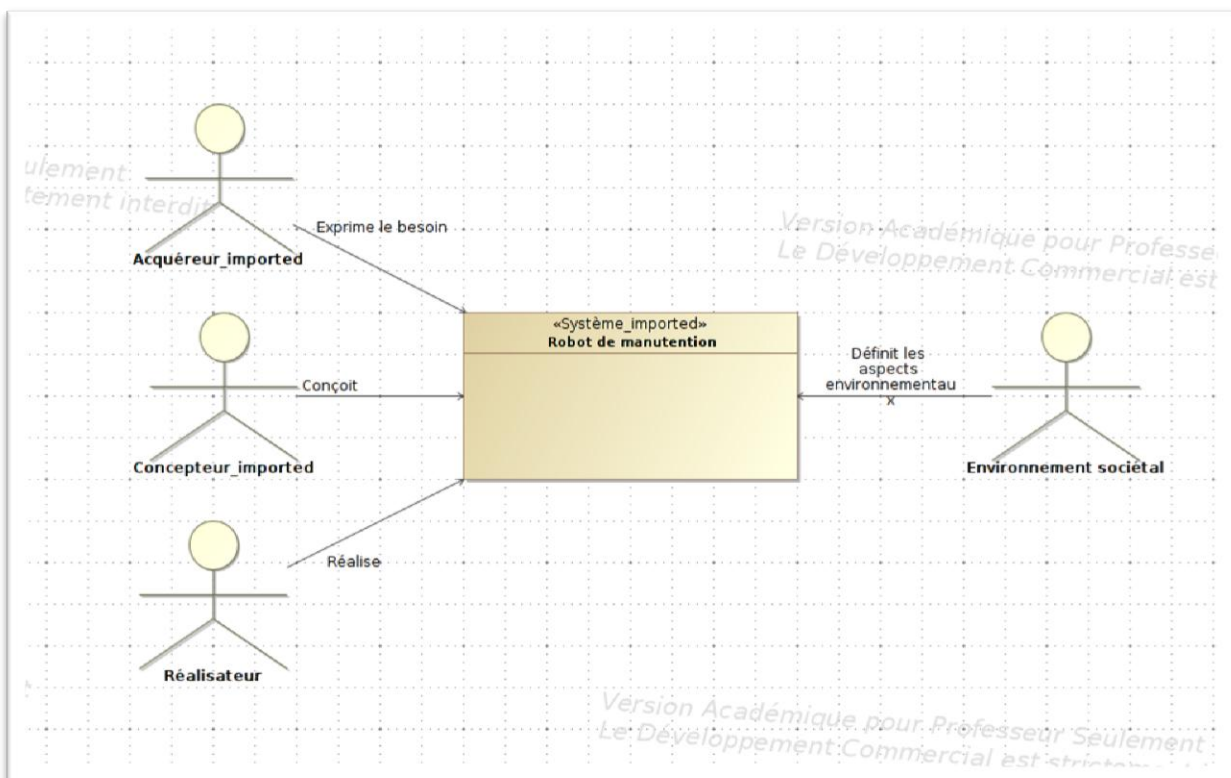


Figure 3 : Diagramme de contexte

Suite à cette liste des acteurs, et grâce au cahier des charges, la liste des besoins a été définie avec le client pour identifier l'exactitude des nécessités de son futur produit. Les principaux besoins sont listés ci-dessous :

- Utiliser un robot mobile
- Transporter les produits de l'atelier vers leur zone de stockage respective
- Transporter le produit sans contact avec le sol
- Transporter jusqu'à 3 produits identiques de chaque CU
- Réaliser la mission élémentaire en autonomie
- Réaliser une maintenance curative par un opérateur
- Réaliser la mission élémentaire dans un temps de 4 min
- Prendre et poser les produits verticalement dans les zones
- Opérer sans maintenance périodique au moins 6 missions successives par journée de 8 heures
- Opérer dans l'atelier et la zone de stockage spécifiés
- Opérer avec les produits spécifiés
- Mettre en stock les produits présents sur les deux centres d'usinage
- Mettre en marche par un opérateur
- Évoluer dans un environnement industriel simulé
- Être testable et maintenable
- Emprunter les allées de circulation
- Dimensionner le robot au repos dans un cube de 30 cm d'arête
- Circuler hors des zones des CU
- Assembler et configurer en moins de 20 minutes
- Arrêter devant un obstacle
- Améliorer la productivité de la logistique interne

L'analyse des besoins nous a conduit vers la rédaction d'un diagramme des besoins.

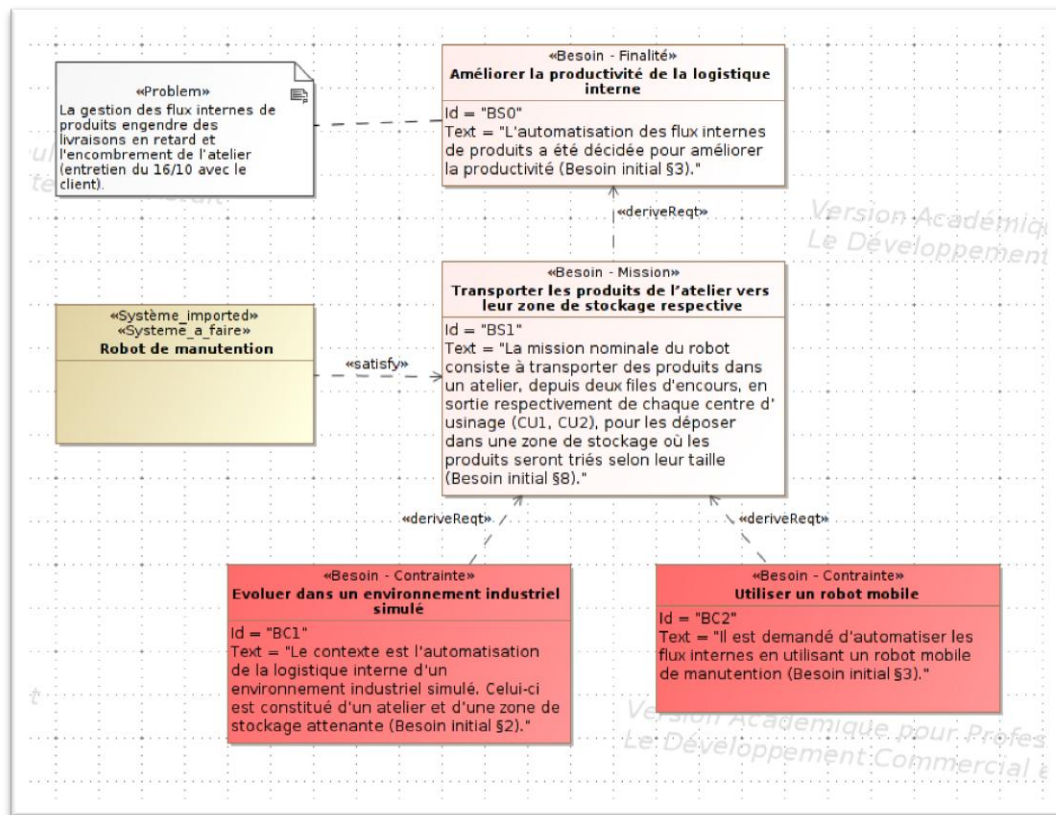


Figure 4 : Diagramme des besoins

Dans ce diagramme nous avons en rose les deux principaux besoins qui sont dans un premier temps l'amélioration de la productivité qui va se faire par un transport des produits automatisé. La zone blanche est la liste des problèmes qui se posent lors de la finalité du système.

Ensuite nous avons le block orange dévoilant le système final, qui est donc un robot de manutention avec en rouges les blocks qui nous montrent les contraintes faites sur le robot, à savoir l'automatisation et le déplacement dans un atelier.

De cette analyse des besoins, nous en avons tiré des exigences.

IV - Analyse des exigences

Les exigences sont les points définitifs sur lesquels on va se baser pour concevoir le produit.

Nous avons réalisé un diagramme des exigences principales pour structurer le produit.

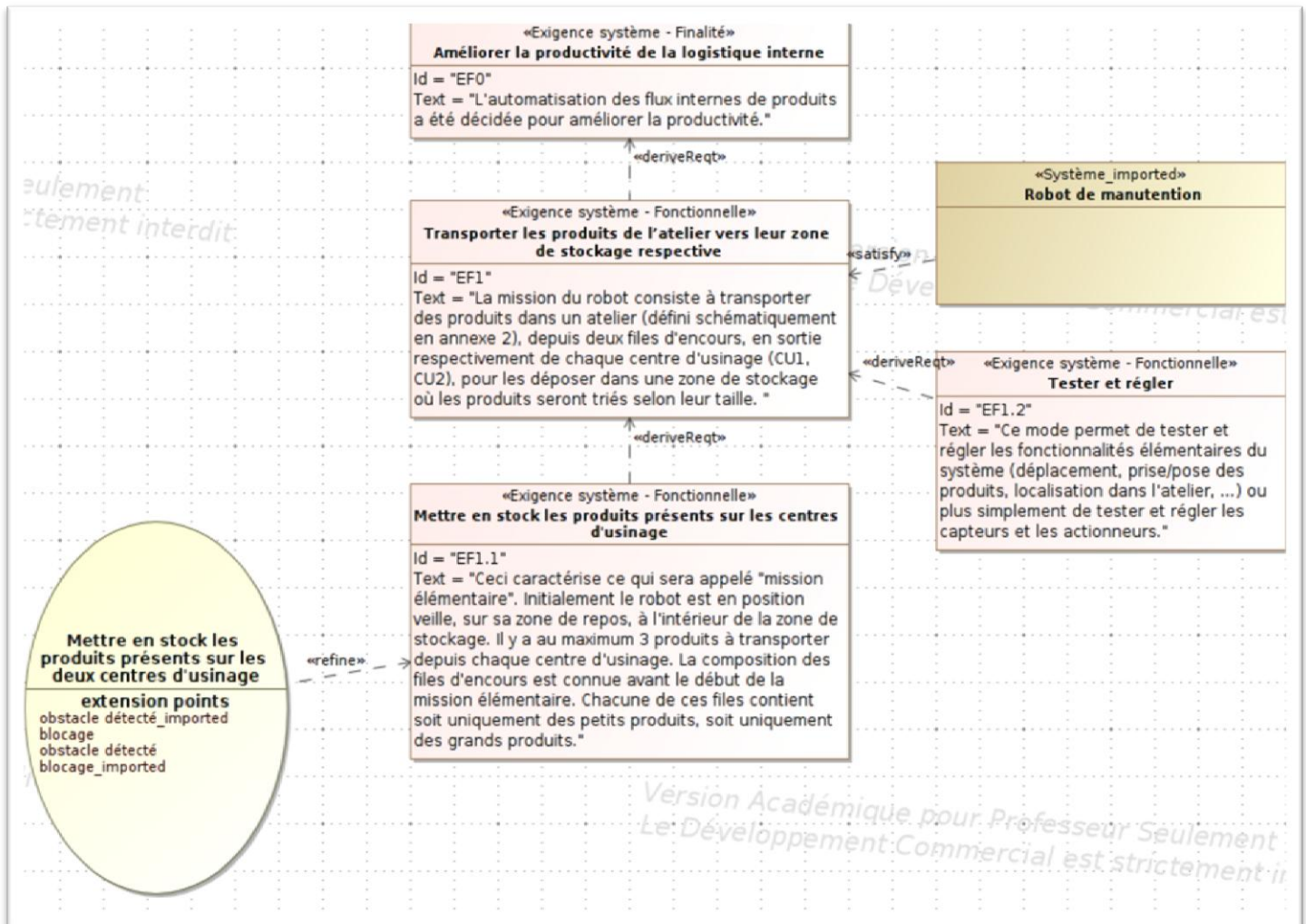


Figure 5 : Diagramme des exigences

Ce diagramme nous sert de base pour réaliser les conceptions générale et détaillée qui seront expliqués et rédigés plus en détail dans les prochains chapitres du document.

Pour être sûr de la compréhension de ces exigences, quelques phrases d'explications de chacune des exigences vont être apportées.

La première boîte est l'exigence finale, celle qui constitue l'objectif final de tout ce projet de robot de manutention.

De celle-ci en découle l'exigence qui définit le rôle du système. En effet la mission du robot est de transporter des pièces de différentes tailles d'un point A à un point B, de les trier en fonction de leur taille afin de les stocker dans un espace adéquat.

Liés à ça, nous avons une exigence qui permet de tester et régler les paramètres du robot, est une exigence qui va détailler comment le robot va mettre en stock les pièces qui sortent du centre d'usinage.

A partir de ces exigences et du diagramme, la conception générales peut commencer afin d'élaborer la structure du robot, et les marges qu'il peut avoir.

V - Conception générale

La conception générale réunit l'ensemble des grandes exigences précédemment définies en justifiant seulement des entrées et des sorties des systèmes.

En SysML, l'utilisation des diagrammes de séquences permet de dérouler dans le temps des scénarios liés aux différents cas d'utilisation identifiés dans un système.

Pour rappel, les cas d'utilisations identifiés dans le robot de manutention sont :

- Transporter les produits de l'atelier vers leurs zones de stockage respectives
- Mettre en stock les produits présents sur les centres d'usinage
- Tester et régler
- Réaliser une maintenance curative
- Gérer les obstacles

Dans chacun de ces cas d'utilisation, nous avons identifié plusieurs diagrammes de séquences liés aux différents types de pièces.

Par exemple, le diagramme de séquence du cas d'utilisation « Mettre en stock » inclut lui-même quatre diagrammes de séquence différents.

Afin de modéliser au mieux le fonctionnement du système, nous avons décrit le déroulement de ces diagrammes de séquence en boîte noire pour la conception générale et en boîte blanche pour la conception détaillée qui sera présentée plus tard.

1) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Mettre en stock »

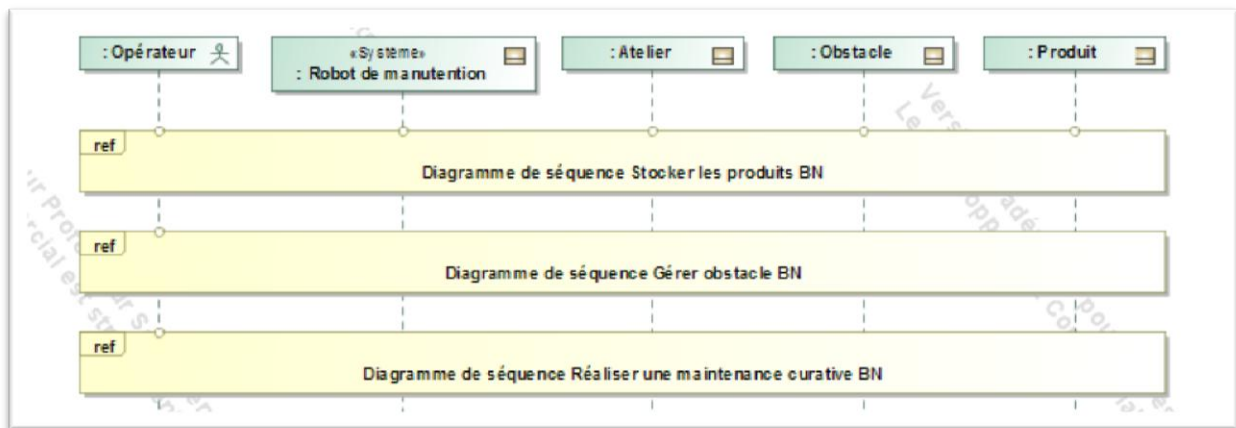


Figure 6: Diagramme de séquence BN «Mettre en stock»

Dans l'image ci-dessus se trouve la conception générale du cas d'utilisation « Mettre en stock ». On peut voir cinq lignes de vie qui représentent tout ce qui intervient dans le cas d'utilisation, à savoir l'acteur Opérateur et les éléments Robot, Atelier, Obstacle et Produit. Mettre en stock représente l'ensemble des trois autres Uses Cases présents sur l'image. Chacun des trois sera détaillé plus tard dans le document.

Dans l'image ci-dessous, on peut apercevoir la conception plus détaillée du cas d'utilisation « Stocker Produit », celle-ci est aussi composée d'autres sous boîte pour un souci de lecture, et d'espace.

« Stocker Produit » représente le comportement du robot dans la réalisation de sa mission élémentaire. Lorsqu'on lance le robot, on doit lui préciser où se trouve les petites pièces dans l'atelier. Suivant l'information reçue par le robot, il se dirigera vers la zone voulue, reprendra jusqu'à un maximum de 3 pièces, et les ramènera dans la bonne zone de stockage.

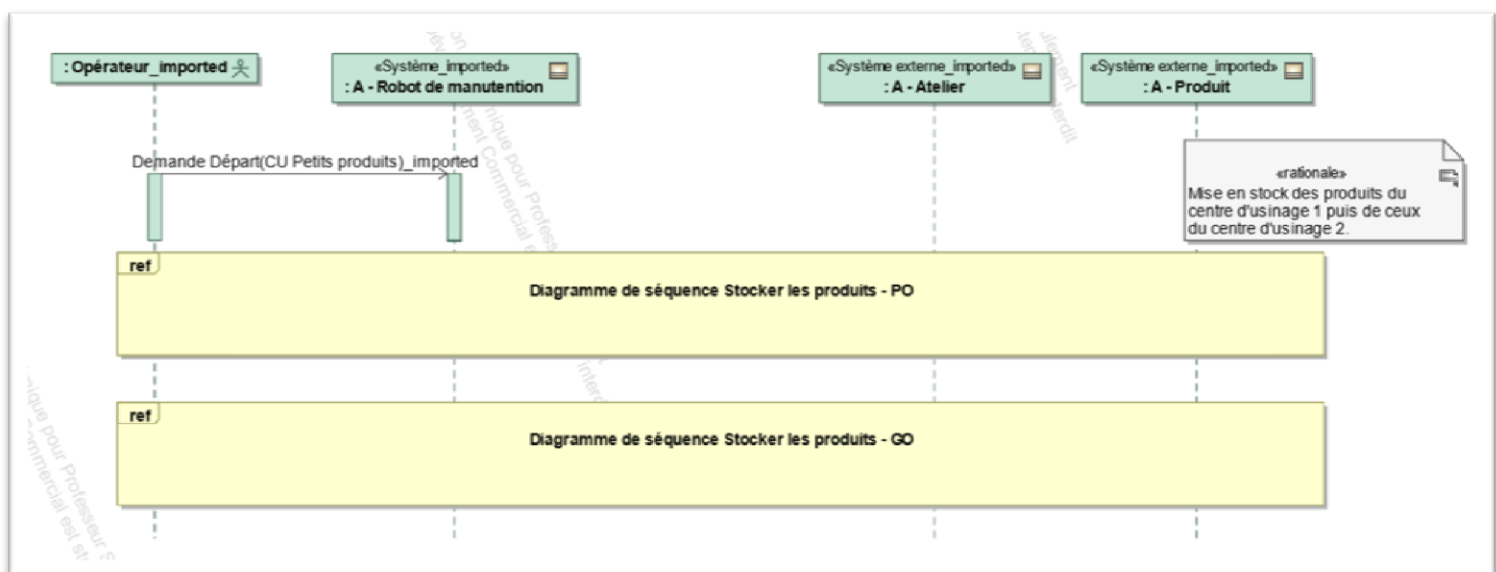


Figure 7: Diagramme de séquence BN «Stocker Produit»

Dans les diagrammes de séquence “Stocker les produits - Petits Objets/Grands Objets”, il est décrit le comportement du robot :

- De sa sortie de la zone de stockage
- De la détection de la zone d’usinage
- De la détection du nombre d’objets présents dans cette zone
- Du retour dans la zone de stockage
- Du dépôt des pièces

La conception des deux blocs ci-dessus sera présentée dans la conception détaillée de « Mettre en Stock ».

2) Diagramme de séquence du cas d’utilisation « Transporter les produits de l’atelier vers leurs zones de stockage respectives »

Ce diagramme de séquence est composé de celui de mettre en stock qui a été présenté juste au-dessus, et de celui de Tester et Régler qui le sera dans les prochaines lignes.

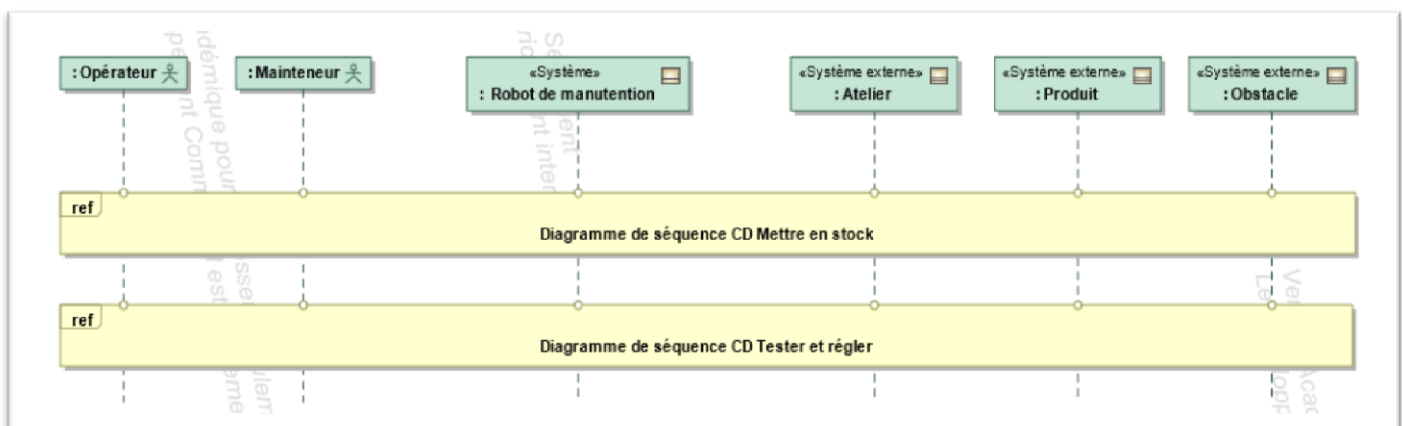


Figure 8 : Diagramme de séquence BN “Transporter les produits”

3) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Tester et régler »

Ici nous décrivons la séquence du cas d'utilisation « tester et régler » où le robot est testé.

Plus précisément lorsque le mainteneur demande la mise en mode test/réglage, les couleurs seront étalonnés, les moteurs testés, le capteur d'obstacle et le bras préhenseur testé.

Cette séquence représente les réglages nécessaires avant la mise en service du robot.

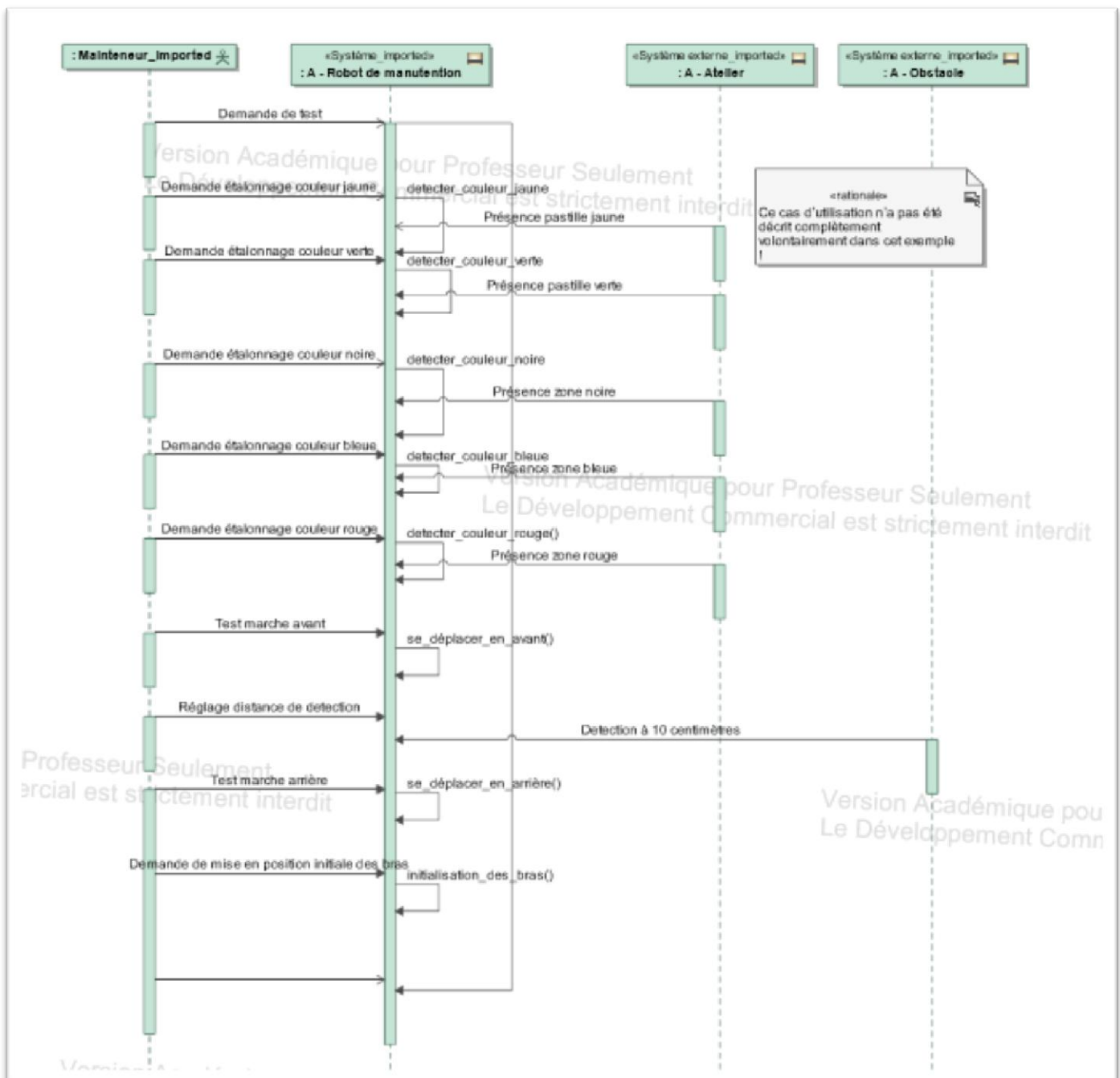


Figure 9: Diagramme de séquence BN “Tester et régler”

4) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Gérer obstacle »

Pour gérer un obstacle, le robot attend de détecter la présence d'un obstacle devant lui.

A ce moment-là, le robot s'arrête et attend en signalant grâce à une alarme (buzzer) que l'opérateur enlève l'obstacle devant lui.

S'il n'y a plus d'obstacle gênant la reprise, le robot continue là où il s'était arrêté.

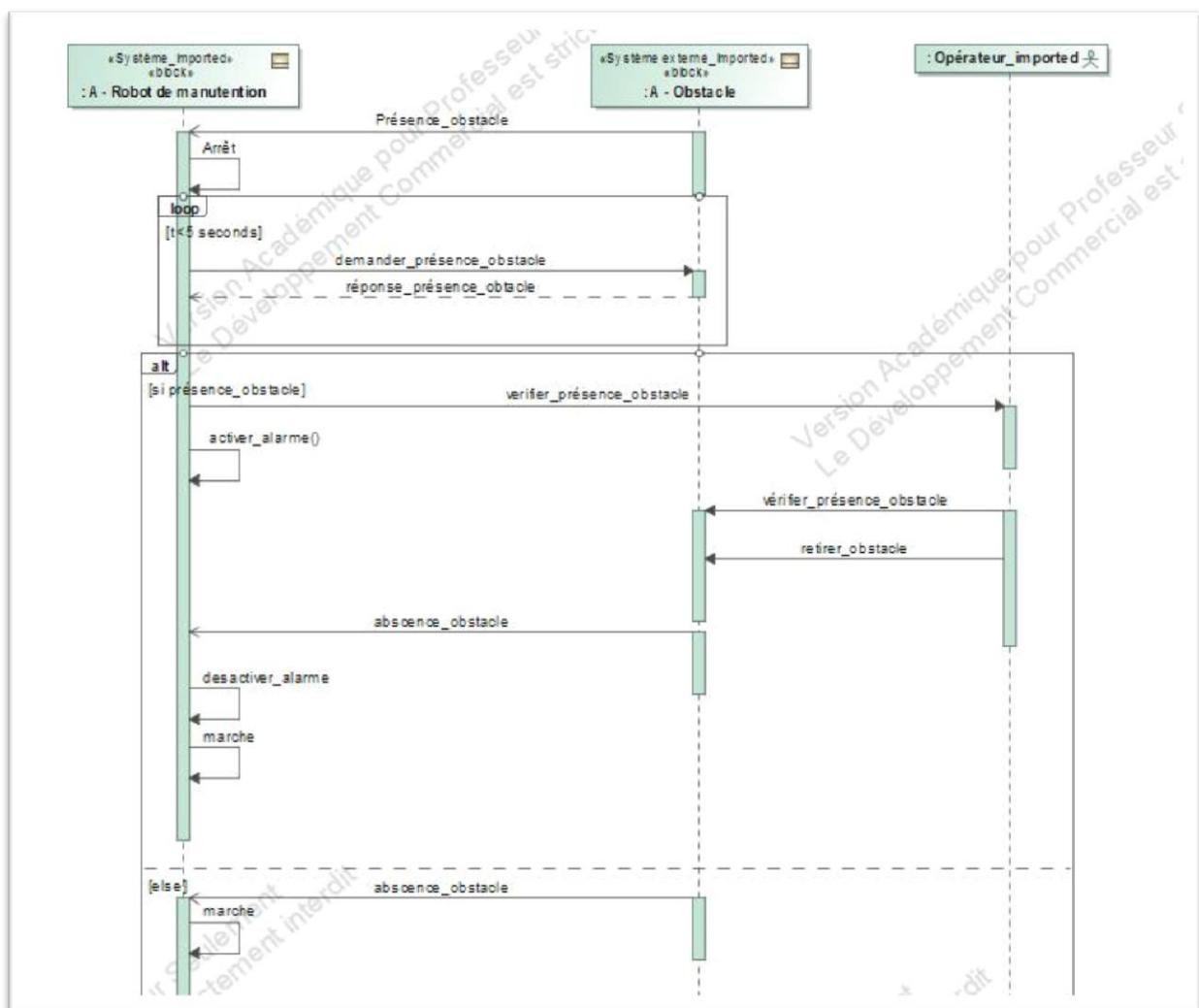
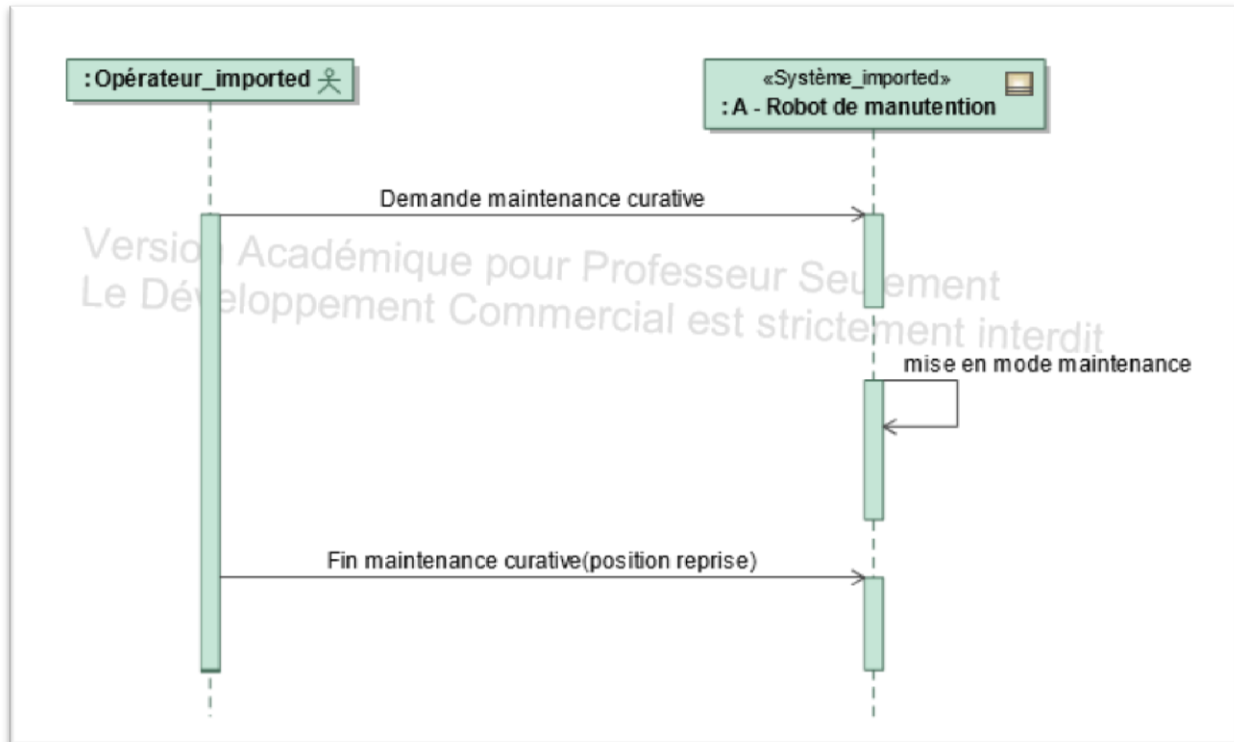


Figure 10: Diagramme de séquence BN "Tester et régler"

5) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Réaliser une maintenance curative »

Figure 11: Diagramme de séquence BN “Réaliser une maintenance curative”



Ce diagramme de séquence décrit le cas où l'opérateur demande une maintenance curative , alors le robot renvoie les informations sur l'état dans lequel il était pendant sa mission avant la demande de l'opérateur.

Quand l'opérateur signale la fin de la maintenance curative, le robot reprend sa mission ou il en était, dans son dernier état.

VI - Conception détaillé

1) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Mettre en stock »

Lors de l'élaboration de la conception détaillée du cas d'utilisation de "Mettre en stock", nous avons géré les cas de :

- Stocker les produits
- Gérer les obstacles
- Réaliser une maintenance curative

Pour la partie "Stocker les produits", nous avons fait évoluer notre précédente conception générale en décrivant le comportement du robot à travers ses composants (ces composants sont visibles dans la partie suivante du rapport "Composants du robot").

Dans cette description du système nous avons élaboré les différents liens internes entre tous les composants du robot.

Pour ce cas d'utilisation, nous utiliserons l'ensemble des composants du système.

Pour une meilleure visibilité, nous avons créé un sous diagramme de séquence permettant de décrire à lui seul le déplacement du robot suivant les instructions requises par le centre de commande (carte Raspberry Pi 3).

De ce fait, d'un point de vue explicatif, nous ne pouvons pas faire mieux que dans la conception générale. Cependant, à travers cette conception détaillée, nous pouvons découvrir l'émergence de nouvelles exigences de plus bas niveau, comme par exemple des exigences sur la pollution électromagnétique provoqué par le système.

2) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Tester et régler »

Ici on détaille le rôle central du “cerveau” du robot dans la centralisation des réglages des différents capteurs et actionneurs du robot. Les tests eux-mêmes ne diffèrent pas vraiment de la boîte noire. Les actions du mainteneur ont été détaillés afin de représenter la mise du robot en position adéquate aux tests. En partant de l'hypothèse que le robot ne peut se déplacer seul avant d'avoir été réglé.

3) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Gérer obstacle »

La boîte blanche détaille entre autres le temps d'attente entre la détection d'un obstacle et le déclenchement de l'alarme afin d'avertir l'opérateur. Le but de cette temporisation de 5s et de différencier le passage d'un employé de la présence d'un obstacle permanent requérant une intervention externe.

4) Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Réaliser une maintenance curative »

La boîte blanche détaille comment l'opérateur interagit avec le robot pour réaliser une maintenance curative pour se faire il communique avec lui via une interface homme machine que nous avons décidé de matérialiser grâce à un écran tactile.

Une fois que l'opérateur a fait sa demande de maintenance le robot mémorise son dernier état est éteint, tous les composants pour se mettre en veille et ne le rallumera que quand l'opérateur lui indiquera que la maintenance est terminée.

VII - Composition du Robot de Manutention

Pour terminer ce document, voilà le schéma bloc reprenant l'ensemble des composants et leurs liens. Les choix concernant le matériel seront détaillés plus loin.

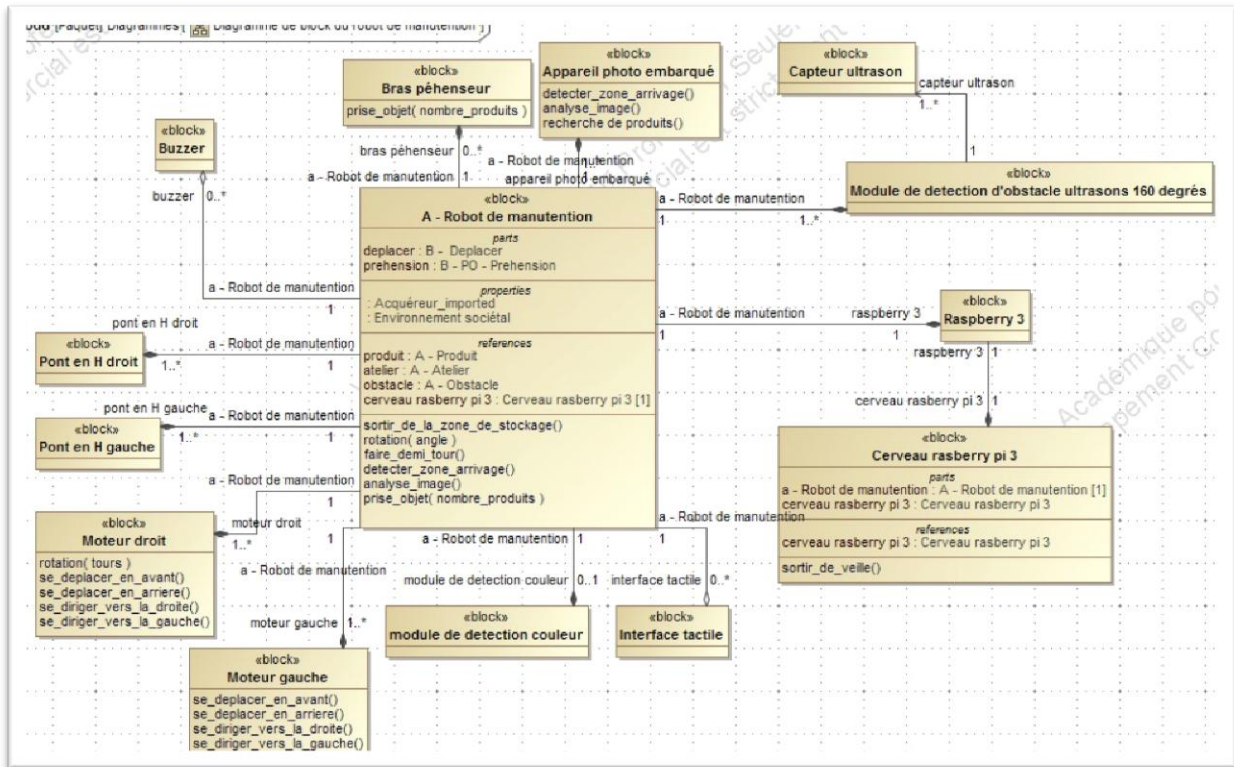


Figure 12 : Diagramme de bloc du Robot de manutention

1) Module gérant le système du robot de manutention

Notre système est composé d'un Raspberry Pi 3 qui joue le rôle de cerveau ou de maître. Nous avons choisi cette carte microcontrôleur car elle possède une sortie vidéo et cela facilite l'intégration du module vidéo.

2) Moteur et gestion des moteurs

Pour les moteurs, nous avons laissé les moteurs Lego qui nous sont proposés dans le sujet. Par conséquent, les ponts en H, nécessaire à la gestion des moteurs (avancer, reculer), ont été trouvés et validés car ils s'adaptent bien aux moteurs Lego que nous avons gardés. Pour avoir quelques informations complémentaires, les ponts en H sont des modules L293D car ils comportent chacun deux ponts et respectent nos contraintes de puissance pour les moteurs.

3) Bras manipulateur

En ce qui concerne le bras préhenseur, nous l'avons composé d'un servomoteur ainsi qu'une pince afin de saisir les pièces et d'un vérin hydraulique servant de bras.

4) Modules de détection

Notre robot dispose de plusieurs modules de détection.

Le module de capteur à ultrason SR-04 a été retenu pour des contraintes de prix mais sinon ils sont tous plus ou moins équivalents.

Le module de détection des zones de stockage et des lignes pour le déplacement est un détecteur de couleurs composé de huit paires de LED/Photorésistances afin de pouvoir détecter les changements de couleurs présentent sur le sol.

Le module caméra du Raspberry Pi pour gérer la présence d'une ou plusieurs pièces sur la chaîne de production. Ce module a été approuvé pour éviter les problèmes liés à l'intégration.

5) Interface Homme Machine

Pour réaliser notre interface homme machine, nous choisissons un écran tactile 7 pouces compatible avec le Raspberry pour des contraintes de prix et d'intégration.

6) Protocole de Communication

Afin de communiquer avec l'ensemble des composants du système, nous utilisons une communication I2C dont le maître est le Raspberry et les esclaves sont tous les capteurs. Pour gérer les moteurs, on utilise une sortie PWM du micro qui sera pilotée par les ponts en H.

On présente ici les différentes connexions nécessaires au fonctionnement du robot.

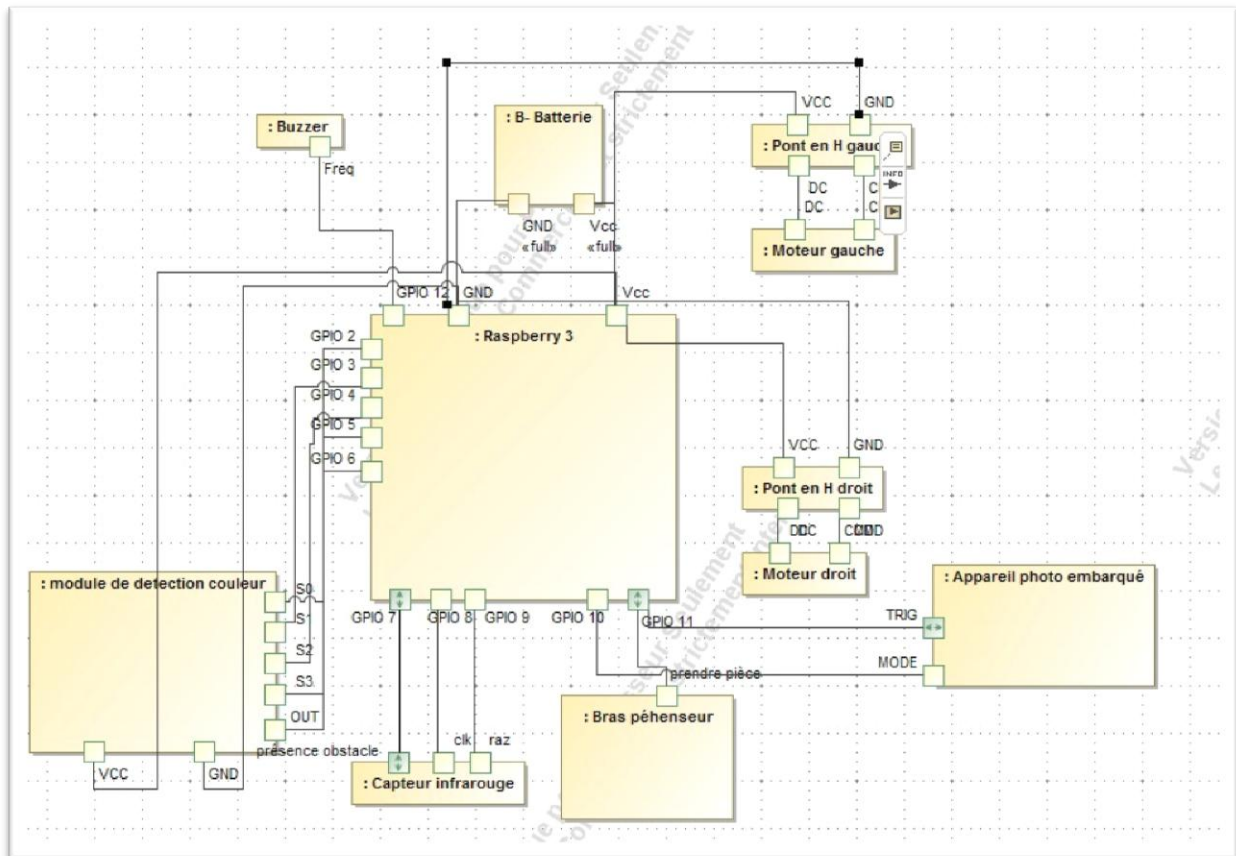


Figure 13 : Diagramme de connexions