

Rapport final de
Projet de Fin d'Étude

Réutilisation d'un robot Kuka
pour conditionnement de
pièces



Année scolaire: 2016-2017

Étudiante: Audrey AFFOYON

Encadrants: Blaise CONRARD - Laurent HAAG

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier mon tuteur école, M. Blaise CONRARD pour son encadrement et son aide précieuse tout au long de ce projet. Je remercie aussi Laurent HAAG, en charge des projets Centaure, pour ses conseils et sa disponibilité.

Je tiens aussi à remercier Messieurs Thibault LAMBIJOU et Antoine HONORE, dirigeants de l'entreprise SFAM, qui sont à l'origine de ce projet. Ainsi que leur technicien, M. Vincent CAREYE, qui m'a apporté son assistance dans la phase réalisée à l'entreprise.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce projet dont Rodolphe Astori, enseignant en Conception Mécanique, pour les conseils de conception qu'il a pu m'apporter, M. Olivier Scrive, technicien de Polytech, pour ses interventions ponctuelles très utiles, spécialement à Mathilde et Thomas ainsi que tous les employés de la SFAM qui m'ont accueillis chaleureusement.

Introduction

Afin de mettre en pratique les différents enseignements dispensés au cours de notre formation, ainsi que nous former au métier d'ingénieur, chaque étudiant est amené, lors de sa dernière année, à réaliser un Projet de Fin d'Étude (PFE). Au cours du semestre 9, j'ai donc travaillé sur la réutilisation d'un robot Kuka pour le conditionnement de pièces.

Ce projet s'inscrit dans le dispositif Centaure, qui accompagne les PME/PMI dans leur processus de modernisation. Ceci, par l'intégration et la conception de systèmes mécatroniques et robotiques, mis en oeuvre par des élèves ingénieurs. Dans notre cas, c'est la société SFAM qui, afin d'améliorer leur chaîne de production, a fait l'acquisition de robots KUKA. Leur objectif est d'automatiser le conditionnement de pièces de fil métallique pour assigner les opérateurs mobilisés, à d'autres tâches, où leur savoir-faire sera nécessaire.

Dans ce rapport qui résume l'ensemble du travail réalisé sur ce projet, je m'attacherai à faire une présentation générale du projet, présenter le cahier des charges et les solutions qui sont envisagées. Je résumerai aussi le travail que j'ai effectué au cours de ces six mois.

Sommaire

I - Présentation du projet	5
Contexte	5
Description	5
Liste des tâches	6
II - Organisation du projet	7
Cahier des charges	7
Solutions matérielles envisagées	8
III- Travail réalisé	12
Enquête sur les robots Kuka	12
Réalisation d'un programme et du préhenseur	14
Mise à jour du cahier des charges	14
Nouveau poste de production	15
Système de récupération	16
Conception du préhenseur	18
Système de réception des pièces	19
Communication FTX14-Kuka	20
Retour à l'atelier	21
Démonstration	22
Aspect financier	22
La suite pour l'entreprise	23

I - Présentation du projet

Contexte

La société SFAM, basée à La Chapelle-d'Armentières, est spécialisée dans la fabrication de pièces à base de fil métallique, au travers d'opérations de cintrage, filetage, perçage... Les assemblages soudés en fils, tôles et tubes métallique sont utilisés très fréquemment pour la réalisation de chariots, mobilier métallique, articles décoratifs, etc.

Afin de faciliter le travail des opérateurs en éliminant les tâches répétitives sans forte valeur ajoutée et les opérations à risques pour les personnes, cette société souhaite automatiser et robotiser les activités de manutention et de contrôle de la production. C'est dans ce but que deux projets ont été mis en place par le dispositif CENTAURE. Le premier consiste en la mise en place d'une opération de contrôle géométrique des pièces. Le second a pour but leur conditionnement. C'est ce-dernier qui vous sera présenté dans ce rapport.

Dans ce but, la SFAM s'est munie de deux bras robotisés de la marque KUKA, achetés d'occasion. Afin de rentabiliser cet investissement, ils seront réutilisés pour mener à bien ce projet. L'un des deux sera utilisé comme fournisseur en pièces détachées pour le robot "sujet", ceci afin d'optimiser son fonctionnement.

Description

Le robot se trouvera principalement en fin de chaîne et sera destiné au conditionnement des pièces (les ranger dans des cartons spécifiques) et pourra être positionné sur différentes machines selon le besoin.

Une première inspection du robot à réutiliser m'a permis de constater que son usage précédent n'avait rien à voir avec les nouvelles fonctions qui lui seront attribuées. En effet, son état montrait quelques modification au niveau du préhenseur, tel que l'ajout d'une tige de fer par soudage, comme pour une soudure à l'arc. J'ai donc commencé par enquêter sur ce matériel. C'est-à-dire:

- faire l'inventaire des robots et de leurs caractéristiques
- voir les opérations de maintenance minimales à faire auprès du constructeur
- étudier la meilleure opportunité de réutilisation avec l'un des deux robots KUKA

Je pourrais ensuite m'attacher à l'utilisation d'un de ces robots en fin de chaîne de production.

Liste des tâches

Après avoir ciblé les différents points à aborder, j'ai établi un tableau d'avancement du projet, en fonction des tâches à réaliser, qui prend la forme ci-dessous:

Travail à effectuer	Date limite	Etat
Enquête sur les robots KUKA à réutiliser	13/10/16	Effectué
Estimation matérielle	26/10/16	A faire
Etablissement du cahier des charges et validation	05/11/16	A faire
Test des robots et réalisation de la maintenance	07/11/16	A faire
Plan de réutilisation	10/11/16	A faire
Réalisation d'un code test	30/11/16	A faire
Simulation dans atelier	Décembre	A faire

Ce tableau m'a servi de point de repère dans les objectifs à atteindre. Il a été actualisé au fur et à mesure de ma progression dans le projet.

II - Organisation du projet

Cahier des charges

La première étape a été la réalisation de cahier des charges. Une visite de l'atelier de production de la SFAM ainsi que la rencontre avec le chef d'entreprise, Monsieur Thibaut Lambijou, m'a permis de dessiner les contours du projet. Au fil des semaines, après plusieurs entretiens avec mes tuteur Monsieur Haag et Monsieur Conrard, j'ai été en mesure de dresser le cahier des charges suivant.

Définition de l'objectif

Conditionner les pièces en fin de production, en utilisant un robot KUKA.

Limites du projet

Dans le cadre de ce projet, un seul poste de production est concerné. En effet, la SFAM produit des pièces de formes et dimensions variées. Ainsi, nous nous sommes accordés sur un poste pour lequel la robotisation du conditionnement de pièces serait la plus utile possible. Il produit à la chaîne une pièce dont les spécificités sont précisées ci-dessous.

Vitesse de production 1p/3s (1 pièce toutes les 3 secondes)

Forme cylindrique avec un crochet sur chaque bout.

Diamètre 10 mm Longueur 1 m

Description fonctionnelle

Fonction principale: récupérer une pièce en fin de chaîne de production et la conditionner, en utilisant du matériel spécifique, en l'occurrence, un robot Kuka acheté aux enchères.

- Stabilisation de la pièce en sortie de production

La machine de cintrage libère la pièce "dans le vide". Il faut qu'elle soit sur un support stable pour permettre au robot de la récupérer.

- Récupérer la pièce

Dimensions de la pièce à intégrer.

- Transporter en conditionnement

Le bras ne doit pas rencontrer d'obstacles sur son chemin.

- Ranger la pièce

Position dans laquelle elle doit être conditionnée à étudier (à plat, en longueur)

Autres fonctions:

- S'assurer que le bac de conditionnement est présent

Communication avec l'armoire du bras robotisé

- Sécuriser le poste

Prévoir une zone de sécurité que le robot ne peut pas dépasser lorsqu'il travaille. Aussi, prévoir une délimitation visible de cette zone de travail pour les opérateurs.

Cependant, au cours du mois de décembre, l'entreprise a demandé à actualiser le cahier des charges. Elle souhaitait changer le poste de production spécifié en début de projet. En effet, une nouvelle pièce produite dans l'atelier ne possédait aucun moyen de réception adapté. En me rendant à la SFAM, j'ai aussi constaté que la récupération de la pièce engageait même la sécurité de l'opérateur mobilisé, qui devait travailler dans l'enceinte d'isolation de la machine. Ainsi, il est plus intéressant de se servir du robot Kuka pour cette application. Il a été décidé que la modification du cahier des charges serait effectuée après les pré-soutenances.

Solutions matérielles envisagées

Le cahier des charges m'a ensuite permis de proposer à l'entreprise des solutions adaptées aux problématiques.

Première solution: Utiliser un préhenseur magnétique



La pièce en sortie de la machine est stabilisée sur un support. Une ou plusieurs pièces sont attirées par l'aimant après magnétisation. Les pièces sont ensuite déposées dans le bac de conditionnement.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Facile à mettre en oeuvre - Peu chère - Encombrement minimal - Idéal pour les pièces allongées 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficile de stabiliser une pièce cylindrique - Idéal pour les pièces plates

Deuxième solution: Réaliser une pince de préhension



La pince sera placée à la sortie de la machine en position fermée. Une attente de quelques secondes permettra au robot de récupérer plusieurs pièces. Elles seront ensuite déposées à plat dans le bac de conditionnement après ouverture de la pince.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - La pince sera spécifique à la pièce à manipuler - Facile à mettre en oeuvre - Réalisable sans coûts - Permet de prendre plusieurs pièces à la fois - Idéal pour les pièces cylindriques 	<ul style="list-style-type: none"> - Pince à concevoir entièrement

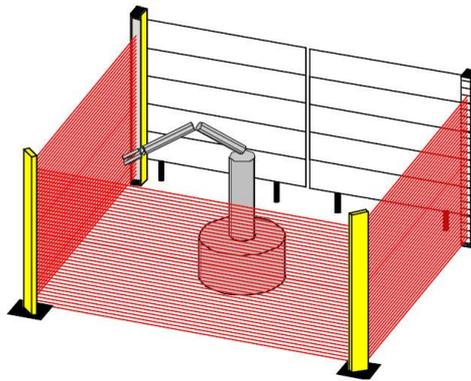
Remarque:

Le préhenseur ne sera pas nécessairement une pince à ouverture/fermeture contrôlée. En gardant le même principe, il est possible de réaliser un préhenseur en forme de coude pour réceptionner les pièces et se servir de la mobilité du bras pour les déposer.

Un aspect important, lorsqu'on travaille avec des bras robotisés industriels, est la sécurité. Ainsi, j'ai proposé à l'entreprise plusieurs moyens de sécuriser le poste de production.

Sécurisation du poste

- Placer des barrières immatérielles tout autour du poste de production (incluant la machine de production et le bras robotisé) pour protéger les opérateurs.



Avantages	Inconvénients
- Sécurité maximale	- Très coûteux - Difficile à mettre en oeuvre dans un atelier déjà configuré

➤ Placer un capteur laser à balayage

Permet de placer une zone de sécurité autour du robot. Déclencherait l'arrêt du système si la zone est franchie par un opérateur.



Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Moins coûteux que des barrières immatérielles - Facile à mettre en oeuvre 	<ul style="list-style-type: none"> - Moins sécurisé (zone facilement franchissable)

➤ Définir une zone de sécurité à l'aide de capteurs de mouvement

Réaliser un dispositif simple à base de capteurs infrarouge et d'une alarme. Si la zone est franchie par un opérateur, l'alarme se déclenche et le robot s'arrête.



Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Le moins coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> - Moins sécurisé - Le plus difficile à mettre en oeuvre

III- Travail réalisé

Enquête sur les robots Kuka

Afin de mener rassembler le maximum d'informations sur les robots Kuka, j'ai contacté la filiale française. J'ai été mise en relation avec un conseiller technique, spécialisé dans le dépannage robot. Ce dernier s'est montré très concerné par mon projet. Les éléments que j'avais pu rassembler jusque là étaient bien légers.

Type	KR 15/2
Année de fabrication	1997
Chargement	15 kg
Poids	315 kg
Commande	KRC1

Ainsi, il m'a fourni près d'une dizaine de documentations techniques sur le KR 15. Nous avons aussi fixé un entretien téléphonique au cours duquel j'ai procédé à la mise en marche du robot, assistée par le conseiller technique. Après cette séance de 3h, j'ai pu rédiger le compte rendu de cette première mise en service.

Allumage de la baie

La baie se met en route rapidement. Le panneau de contrôle met plus de temps à démarrer (2 à 3 minutes). Aucun bruit anormal à signaler.

Kuka Control Panel (Télécommande)

Clavier opérationnel. Souris inutilisable. Interface Windows 95.

Version logicielle ancienn V 2.9.8.8

Mode de fonctionnement (3 modes possibles)

- M1: Un mode manuel de test à vitesse réduite (interrupteur d'homme mort activé)
- M2: Un mode manuel de programmation et test à vitesse de travail (interrupteur d'homme mort activé)
- M3: Un mode automatique

Pour la réalisation des tests, on se mettra en mode manuel, à vitesse réduite.

Mouvements

Test des 6 axes réussis en mode manuel axe par axe. Vitesse de 25 à 100%

Pince du préhenseur soudée à une tige métallique. Pas de mouvement possible.

Analyse de la fenêtre d'information

Aucune erreur dérangeante n'est à relever, cependant, on apprend que les axes ne sont pas calibrés. Elle est à effectuer.

Extinction de la baie

L'alimentation se coupe brusquement . D'après le technicien kuka, soit les batteries de stockages ont lâchées, soit le fond de baies est non opérationnel. Cela posera problème en cas de mise hors tension du robot, les données de calibration seront perdues. La calibration sera à refaire.

Les séances suivantes sur Kuka m'ont permis de:

Calibrer le robot

La calibration se fait normalement à l'aide d'une mallette, dite de calibration. Mais on pouvait aussi le faire manuellement avec un potentiomètre.

Vérifier l'état des batteries

Un remplacement d'une des batteries a permis de rétablir le fonctionnement de l'armoire. Les données enregistrées lors du fonctionnement du robot sont conservées après mise hors tension. La calibration n'est plus à refaire.

Retirer le préhenseur

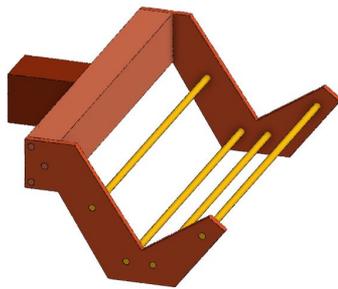
N'étant pas nécessaire pour la réalisation de notre application, j'ai procédé au démontage du préhenseur .

Réalisation d'un programme et du préhenseur

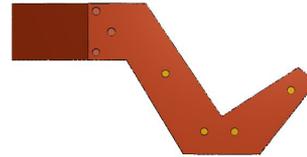
Un des documents fourni par mon contact Kuka France expliquait les bases de la programmation sur les commandes types KRC1. Après quelques semaines de décryptage des documents techniques, j'ai conçu un programme mimant la prise puis la pose d'un objet.

Ayant validé avec l'entreprise la conception d'un préhenseur adapté à une pièce spécifique, j'ai commencé par démonter la pince récupérée avec le robot. D'après la forme de

la pièce, j'ai imaginé un préhenseur capable de récupérer plusieurs pièces cylindriques en un trajet. Je l'ai modélisé sur le logiciel de CAO Onshape.



Vue de $\frac{3}{4}$



Vue de profil

Je pense le réaliser en fer. Pour les supports en V, je compte utiliser des plaques métalliques de récupération, trouvées au Fabricarium, que je pourrais couper à l'aide d'une meuleuse accessible à l'atelier méca. Pour les tiges cylindriques faisant la liaison entre les V, des tiges filetées permettront une immobilisation facile avec des boulons.

Mise à jour du cahier des charges

A partir du mois de janvier, nous avons mis à jour le cahier des charges en considérant la pièce produite sur le nouveau poste de production de la SFAM. En effet, le but d'un projet en lien avec l'entreprise est de rendre une solution utile et fonctionnelle. La forme et la taille de la nouvelle pièce imposait des modifications du préhenseur. Je me suis à nouveau rendue à la SFAM pour obtenir toutes les spécificités de cette dernière et les attentes de l'entreprise pour la suite du projet

Nous nous sommes mis d'accord pour la réalisation d'un manuel de prise en main à destination de la société, qui expliquera étape par étape comment réaliser un programme simple, pour le conditionnement de pièce, avec explication du langage de programmation. Le but étant de leur permettre de s'auto-former à la programmation sur ce robot, en cas de besoin de changement de poste de production.

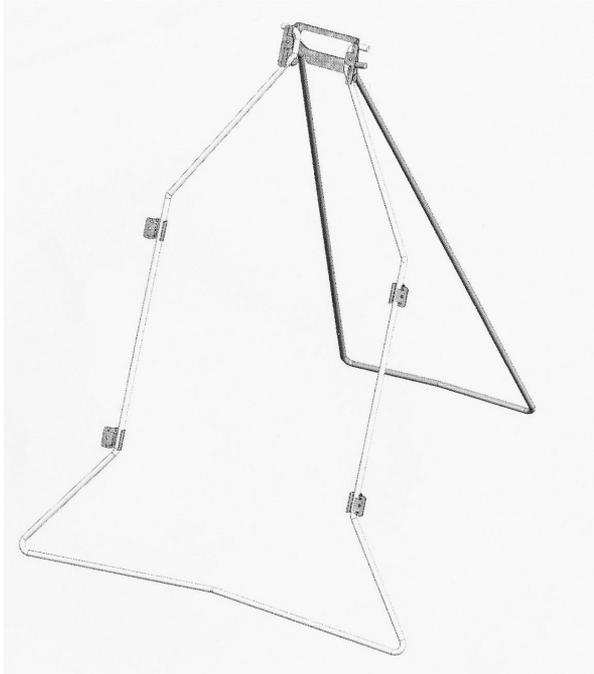
Dans le temps qui nous était imparti, la priorité était de:

- créer un préhenseur spécifique à la pièce
- faire communiquer le robot Kuka avec la machine de production de la pièce
- réaliser un manuel de prise en main pour l'entreprise

La fin du projet sera déterminé par la réalisation d'un programme permettant de mimer la récupération de la pièce par le robot.

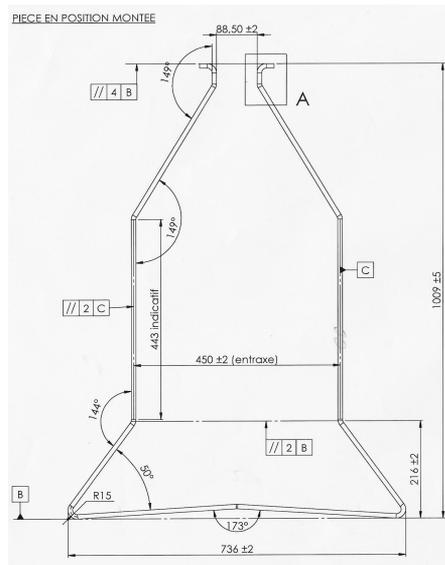
Nouveau poste de production

La machine concernée pour la suite du projet est la FTX14. Elle produit principalement deux pièces qui, assemblées, forment un support pour panneaux routier.



Je me suis intéressée à la pièce ci-dessous. Cette dernière représentait le plus de risques pour l'opérateur qui devait nécessairement entrer dans l'enceinte de production pour la récupérer. Hors, la production de cette pièce implique des mouvements brusques de la tête de la machine. Cela présente un risque pour l'opérateur lorsqu'il se trouve à proximité. Contrairement à la première pièce qui avait été proposée pour étude, la taille et le poids de ce nouveau produit est assez conséquent. Avec une hauteur d'environ 1m pour 75cm de largeur. Le poste en produit 150 en une heure soit une vitesse de 24s par pièce. Un des défi sera de s'assurer que le robot est capable de suivre une telle cadence.

Ce poste étant équipé d'une enceinte protectrice, il a aussi été décidé qu'il suffirait de l'agrandir en vue de la réception du robot Kuka. Ainsi, aucun opérateur ne sera présent près du robot pendant son fonctionnement en mode automatique.

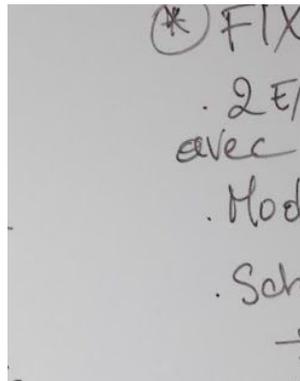


Système de récupération

La première étape a été de réfléchir au moyen de récupérer le support. En fin de production, la pièce se trouve à la verticale, les “cornes” vers le haut. Nous nous sommes d'abord entendu sur une prise de la pièce par l'une de ses tiges, comme l'opérateur sur la photo ci-dessous. Elle doit se faire à une hauteur du sol d'environ 1m83. Il faudra lui assurer la plus grande stabilité possible, ce facteur est donc à prendre en compte pour la fabrication du préhenseur.



Dans ce cas, j'ai pensé qu'il était plus adapté d'utiliser un préhenseur pneumatique avec ouverture et fermeture de la pince contrôlable. Pour m'assurer du maintien de la pièce, j'ai voulu fabriquer une pince à trois doigts. L'idée était d'étaler au maximum la surface de prise. Cependant, les doigts n'auraient pas besoin d'être articulés. J'ai voulu réutiliser la base de la pince venue avec le robot. Dans ce cas, je me servirais du système pneumatique déjà mis en place pour cet outil.

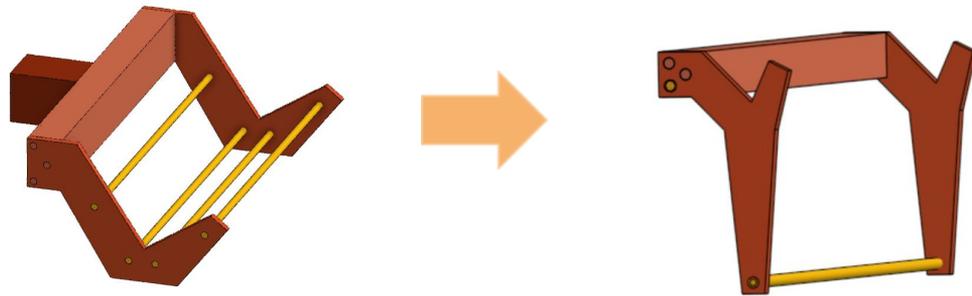


Après quelques jours passés à concevoir les nouveaux doigts de la pince, je me suis rendu compte des risques de balancement de la pièce pendant son déplacement. Sans parler de la grande vitesse du robot en mode automatique qui aurait mis à rude épreuve ce système. J'ai alors changé de stratégie.

Je souhaitais récupérer la pièce par le dessus. Je n'étais pas sûre de la capacité du robot à assurer une prise aussi haute. Les cornes se trouvent à un peu plus de 2m20 du sol en sortie de production. J'ai donc vérifié que cette hauteur était accessible au Kuka. Pour une prise encore meilleure, il suffirait de le monter sur une palette de 20 cm. En théorie, ce système était plus sûr. J'ai donc commencé la conception avec cette nouvelle stratégie.

Conception du préhenseur

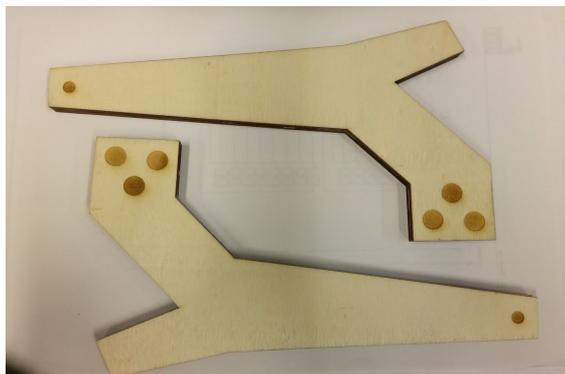
A nouveau, je me suis tournée vers le logiciel Onshape pour la réalisation du préhenseur. J'ai conservé le modèle établi dans les premiers mois du projet. Je l'ai cependant modifié pour l'adapter à la nouvelle pièce.



La pièce étant d'une grande envergure, il fallait s'assurer de sa stabilité. C'est pourquoi, avec les conseils de Monsieur Astori, enseignant en conception mécanique, j'ai allongé les branches pour créer un axe d'appui. Ainsi, je réduis considérablement les risques de balancement pendant le déplacement de la pièce.

Je suis ensuite passée à la recherche du matériel pour mon prototype de préhenseur. L'utilisation du bois m'a paru le plus adapté. Ce prototype devait être solide et réalisable facilement dans l'école. J'ai donc utilisé des chutes de contreplaqué trouvées au Fabricarium de l'école, dans lesquelles j'ai coupé les branches à l'aide de la découpeuse laser disponible elle aussi au FABricarium. Le contreplaqué était d'une épaisseur de 5mm environ. pour plus de solidité et augmenter la surface de réception de la pièce, j'ai fabriqué un deuxième exemplaire pour chaque branche. Assemblées ensuite à la colle à bois, les premiers élément de mon préhenseur étaient prêts.

Pour le mât liant les branches, j'ai récupéré un morceau de poutre qu'il m'a fallu découper. J'ai reçu l'aide de Monsieur David Perraux pour la découpe à la scie électrique. Une tige filetée a fait office d'axe de stabilisation. Pour J'ai ensuite assemblé ces différents éléments avec des vis perforantes. Le résultat est présenté ci-dessous.



Système de réception des pièces

Mon préhenseur réalisé, je me suis attachée à la réception des supports en fin de course du robot. Monsieur Haag, fort de son expérience d'ingénieur consultant, m'a conseillé de trouver un moyen de pendre les supports pour faciliter leur récupération par les opérateurs. En principe, je souhaitais fixer, sur un support, deux tubes cylindriques, légèrement inclinés, sur lesquels les supports seraient déposés. Mais c'est grâce à Vincent Careye, technicien à la SFAM que j'ai pu mettre en place ce dispositif. Nous avons récupéré un outil pour l'inclinaison de plan, auquel nous avons fixé deux tubes cylindriques. L'inclinaison des supports pouvait être réglée. L'inconvénient à cet outil est que sa hauteur n'est pas réglable. Il suffira de trouver des supports plus longs pour permettre aux supports de glisser sans aucun obstacle.



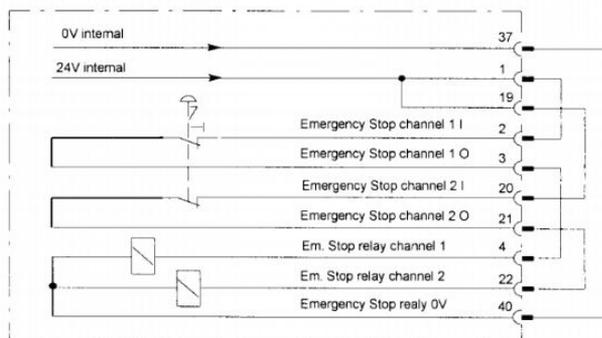
Communication FTX14-Kuka

Je me suis ensuite penchée sur la communication entre les deux machines, qui devait assurer leur travail en collaboration.

Concernant le robot Kuka, aucune entrée/sortie supplémentaire n'était présente sur l'armoire de commande. Il était nécessaire d'intégrer un module Wago pour l'ajout d'E/S.

Cependant, il existait une autre solution. En effet, un grand nombre d'entrées/sorties étaient disponibles via la borne X11. Cette dernière assure la communication entre l'armoire et le robot et a pour fonction la commande du système à air comprimé et celle de la pince. Sur ces robots de récupération, le connecteur X11 était absent. Ne comptant pas sur la réutilisation immédiate d'une pince pneumatique nécessitant le système à air comprimé, j'ai pensé à me servir des E/S présentes sur cette borne. Selon la documentation technique, elles fonctionnent en tout ou rien.

Certaines contraintes devaient être respectées pour que le robot continue à fonctionner normalement. Il fallait faire le branchement pour le circuit d'arrêt d'urgence.



Le schéma électrique de cette broche me donnait l'emplacement des connexions périphériques disponibles. J'ai donc fait le test des entrées/sorties à l'aide d'un GBF et d'un oscilloscope. Cela m'a permis de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des E/S. D'un point de vue logiciel, leur utilisation dans un programme nécessite juste de connaître le numéro d'entrée ou de sortie correspondant à la broche utilisée.

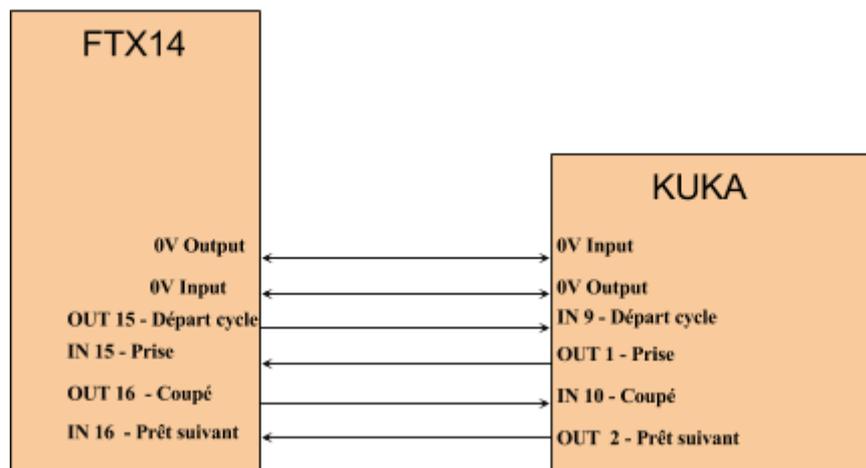
Du côté de la machine de production, FTX14, j'ai contacté le constructeur Numalliance. Ces derniers m'ont confirmé la présence de deux entrées et deux sorties libres disponibles sur la machine. Elles sont d'ailleurs prévues pour l'utilisateur. La programmation sera ensuite effectuée par Monsieur Vincent Careye, qui maîtrise l'IHM de la FTX14.

Retour à l'atelier

Le robot a été renvoyé au sein de la SFAM le 10/02. A partir de la semaine suivante, j'ai travaillé à l'entreprise même, basée à la pour terminer le projet. C'est à ce moment que Monsieur Careye m'a été d'une grande aide pour finaliser mon travail.

Après remise en service du robot, j'ai eu le plaisir de faire une petite démonstration de son fonctionnement au directeur Monsieur Lambijou. Le poste de production n'était pas en service pour la pièce étudiée. C'est pourquoi j'ai commencé par travailler sur un programme mimant la prise et la dépose du support.

Lorsque nous avons pu accéder à la FTX14, nous avons consulté sa documentation technique. Elle indiquait l'emplacement des entrées sorties restées libres pour l'utilisateur. Nous avons établi la liaison entre les deux armoires de commande. Après vérification de leur bonne communication, j'ai souhaité coordonner les E/S comme suit.



Elles permettent de suivre correctement le processus de récupération. En effet, le robot sera positionné à 1 m de la machine en position de repli. Puis, l'ordre de *Départ cycle* donné par la machine à la fin de fabrication, commandera le mouvement de prise de la pièce. Le robot signalera sa présence en position de prise par le signal *Prise* qui confirme à la machine qu'elle peut couper le fil métallique retenant la pièce en place. Cette indication *Coupé* permet au programme de continuer sa course afin d'amener le support sur son présentoir. Celle-ci déposée, le robot se remet en face de la machine dans l'attente d'une nouvelle pièce, et envoie le signal de présence *Prêt suivant*. Le cycle peut recommencer.

Démonstration

Après avoir réalisé le programme permettant de commander la récupération de la pièce par le robot, en suivant toutes les instructions données par Vincent, j'ai voulu réaliser un test sur le poste de production. Malheureusement, l'enceinte de sécurité protégeant le poste empêchait l'ajout du Kuka à proximité de la machine. Selon Vincent, il fallait démonter cette grille mais le poste étant en production, ça n'était pas possible. Sur conseil du directeur, nous avons donc effectué la démonstration à côté du poste, avec simulation en condition réelle. C'est-à-dire, la pièce à 1m50 du sol, les deux armoires communicantes, seul le présentoir à support se trouvait à droite du robot plutôt qu'à gauche, pour ne pas gêner les opérations qui étaient en cours dans l'atelier.

La vidéo de démonstration sera présentée lors de la soutenance.

Aspect financier

Mon sujet étant dédié à une entreprise, il est important de souligner l'aspect financier de ce projet. C'est pourquoi j'ai fait une estimation d'investissement pour la SFAM.

La calibration du robot est une phase primordiale pour son utilisation. C'est pourquoi Monsieur Avon, de Kuka France, m'a conseillé de faire l'acquisition d'une mallette de calibration de la marque. Cependant, son coût étant très élevé pour une opération ponctuelle, j'ai orienté l'entreprise vers l'achat d'un comparateur mécanique, qui assurera la même fonction mais en plus de temps. Je leur ai proposé les deux solutions afin qu'ils fassent leur choix.

Mon prototype de préhenseur fabriqué à l'école leur a donné envie de créer une pince sur le même principe avec du matériel de récupération de la SFAM. Le modèle définitif sera en métal. Ce qui leur évite d'investir dans l'achat d'une pince de préhension du marché. De plus, il n'est pas pneumatique, donc l'achat d'une contre prise X11 pour connecter le robot et l'armoire de commande n'est pas nécessaire.

De même, par l'apport de mes connaissances sur les robots Kuka acquises durant mes cours en IMA, ainsi que mon auto-formation sur le modèle KRC1 donné par l'entreprise, j'ai évité à l'entreprise la nécessité de demander une formation par le centre Kuka. Il existe en effet des formations proposées par la filière du constructeur en France, les KUKA College, qui initient des entreprises à l'environnement Kuka. Bien sûr, je ne prétends pas que mon intervention vaille la formation dispensée par le constructeur, néanmoins, elle a permis à l'entreprise de se familiariser avec à l'utilisation de robots Kuka.

Investissement sans PFE		Investissement avec PFE	
Elément	Coût	Elément	Coût
Malette de calibration	2002 €	Comparateur mécanique	30 à 150€
Contre prise X11	341€	Pas de contre prise	0€
Pince de préhension	130 à 500€	Pince fait FABLAB	0€
Formation Kuka 1 journée	2000€	Conseil et bases pour prise en main du même matériel	0€

La suite pour l'entreprise

Pour que le poste de production FTX14+KUKA soit opérationnel, l'entreprise devra agrandir son enceinte sécurisée afin d'y intégrer le robot. Seulement après cette modification, ils pourront utiliser le robot en mode automatique. Ce mode permet la réalisation de programmes par le robot sans la présence obligatoire d'un opérateur activant la gâchette, qu'impose les modes manuels. Cette configuration est possible à l'aide d'une clé qui sera commandée à Kuka par la SFAM.

Au cours de mes séances à l'entreprise, j'ai montré à Vincent toutes mes actions sur le robot Kuka. Il a donc pu intégrer des bases de programmation, les règles de mise en service du robot, etc. J'ai, dans la foulée, réalisé le tuto destiné à l'entreprise pour la prise en main du robot.

Conclusion

Au cours de ces six mois, j'ai pu réaliser la charge de travail nécessaire à fournir dans un projet de fin d'étude. L'une des difficultés de ma mission est le fait de travailler pour une entreprise. En effet, les contraintes subies par la SFAM m'impose des périodes plus ou moins creuses. Dans les moments de ralentissement de l'apport en information, je me suis attachée à résoudre d'autres problématiques en parallèle. Ainsi, le planning prévisionnel est sans cesse modifié.

J'ai particulièrement apprécié l'encadrement de mes tuteurs qui m'a été d'une grande aide. Monsieur Haag, de par son expérience, m'a orienté sur les besoins d'une entreprise et la valorisation de mon travail. Les réunions avec Monsieur Conrard m'ont permis de m'organiser et fixer les objectifs hebdomadaires. Le seul point négatif que je pourrais formuler, est le manque de communication entre l'entreprise et moi-même. J'ai parfois eu beaucoup de mal pour récupérer des informations clés dans l'avancement de mon projet.

Ce projet m'a énormément plu par son caractère concret. Il répondait aux besoins d'une entreprise, et un grand nombre d'opérateurs en me voyant travailler sur le robot en atelier, ont salué mon intervention. Le directeur, Thibault Lambijou s'est montré très satisfait de mon travail. Il m'a d'ailleurs confié que mon projet n'était qu'une première étape dans le processus de modernisation de l'entreprise. Cette dernière, forte de cette bonne expérience avec le robot Kuka, souhaite faire l'acquisition d'un robot UR5 de la société J.L. Corp. Je sors donc de cette expérience ravie d'avoir pu apporter ma contribution à un projet utile.