



Lycée Léonard de Vinci – Saint Germain en Laye

Brevet Technicien
Supérieur

*Conception et
Réalisation de
Système
Automatisé*



Les Olympiades

2018

Epreuve n°1

Avant-projet

BAUDOUIN Nicolas
BLANCHARD Dylan
DESBIEN Leo
PRESNAL Tomasz
VENOT Paul

Sommaire

Sommaire	2
Introduction	3
Description générale du projet	3
Cadence	3
Choix des robots	3
Applications	3
Prise en compte des charges embarquées	4
Rayon d'action	4
Conclusion sur le choix du robot	5
Implantation	6
Implantation de la cellule	6
Implantation des robots	7
Sécurité en robotique industrielle	8
Evaluation des risques	8
Mesures techniques de protection	9
Conclusion sur la sécurité à propos des robots industriel	10
Recherche de solution et faisabilité	11
Programmes	11
Robot « Paquet et Carton »	11
Robot « Tartelette et blister »	12
Conclusion de cette expérience	13

Introduction

Description générale du projet

Pour ce projet, il faut définir une solution en utilisant des robots FANUC, à partir du logiciel de simulation ROBOGUIDE.

L'entreprise Biskuit France SA, société spécialisée dans l'agroalimentaire doit augmenter sa capacité de production et se doter de nouveaux moyens automatisés, nous sommes donc sollicités pour concevoir la partie emballage de la ligne.

D'après le bureau des méthodes, la ligne devra être constituée :

- d'un convoyeur de tartelettes, les tartelettes arrivant sur la ligne par rangée de deux,
- d'un convoyeur de blisters thermoformés, les blisters arrivant sur la ligne dans le sens de la longueur et devront être remplis de quatre tartelettes,
- d'une cartonneuse-filmeuse, qui filme et met en paquet les blisters,
- d'un convoyeur de cartons, le carton devant être rempli de quatre paquets.

Il conviendra donc de trouver des solutions robotisées pour le transfert des tartelettes dans les blisters et des paquets dans les cartons, la solution de la partie cartonneuse-filmeuse n'étant pas à traiter. Sachant que les convoyeurs fonctionnent en mode pas à pas.

Les moyens mis en œuvre devront impérativement respecter le cahier des charges et être dimensionnés pour répondre aux cadences de production.

Cadence

La cadence imposée par le cahier des charges est de 285 000 paquets/mois.

Le système robotisé devra donc produire 285 000 paquets/mois sachant que l'on a un taux de rendement synthétique de 84 % soit :

$$285\,000 + (285\,000 \times 0.16) = 330\,600 \text{ paquets/mois}$$

Afin de respecter la cadence de production malgré le rendement il va falloir produire 330 600 paquets/mois. Or l'usine est ouverte en 2 x 8 h, 20 jours/mois soit :

$$330\,600 / (2 \times 8 \times 20 \times 3600) = 0.3 \text{ paquets/s}$$

Soit environ 1 paquet toutes les 3,3 s, durant notre étude nous nous efforcerons de se rapprocher au maximum de cette cadence.

Sachant qu'un carton est rempli de quatre paquets, le système devra sortir un carton environ toute les 13,2 secondes.

Choix des robots

Applications

Dans ce projet, nous sommes en charge de la partie emballage d'une ligne de production. Il va falloir trouver une solution robotisée pour faire le conditionnement des tartelettes puis le remplissage des cartons.

La gamme de robots Delta est la plus adaptée pour le conditionnement.

Prise en compte des charges embarquées

Pour les robots 6 axes, le centre de gravité, les inerties, la masse et les couples sont les critères indispensables pour une validation de charge.

Pour les robots 4 axes, le robot travaille en pendulaire. Le poignet est toujours dirigé vers le bas, et travaille sur un plan horizontal. Seuls les inerties, le centre de gravité et la masse sont primordiaux sur ce type de robot.

Ce tableau nous montre le centre de gravité, les inerties et la masse de chacun des préhenseurs, en charge et à vide.

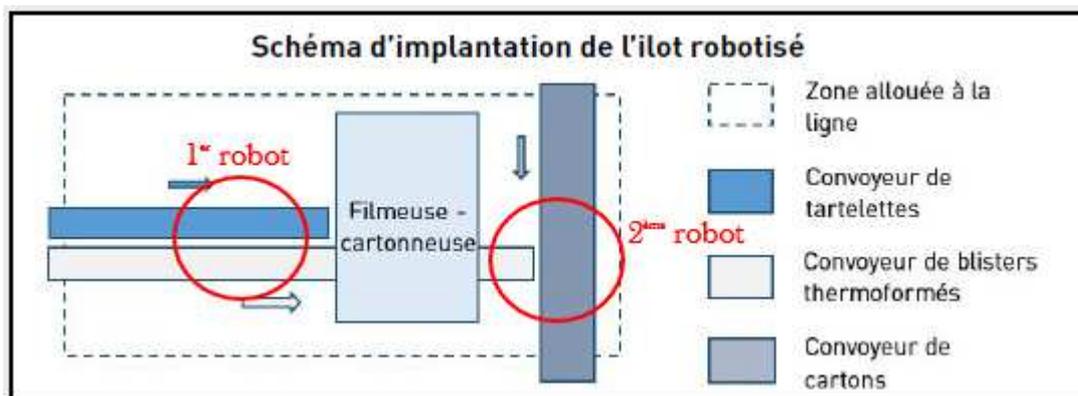
A partir de ces informations, et si notre choix se porte sur un robot 6 axes, nous devons calculer les couples.

D'après ce tableau, les robots devront pouvoir supporter une charge de 1,44 kg pour le préhenseur des tartelettes et 2,3 kg pour celui des paquets.

Préhenseur de tartelettes	Préhenseur de paquets
Préhenseur à vide : Masse = 1.115 kg	Préhenseur à vide : Masse = 1.424 kg
$I_{xx} = 2.62 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{yy} = 9.87 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$ $I_{zz} = 2.83 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{xx} = 4.16 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{yy} = 8.33 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$ $I_{zz} = 4.53 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
Préhenseur en charge : Masse = 1.44 kg	Préhenseur en charge : Masse = 2.3 kg
$I_{xx} = 4.73 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{yy} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{zz} = 4.79 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{xx} = 9.61 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{yy} = 4.08 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$ $I_{zz} = 1.05 \times 10^{-2} \text{ kgm}^2$
Côte en Z du centre de gravité : • Préhenseur à vide : 50.1 mm • Préhenseur en charge : 54.8 mm	Côte en Z du centre de gravité : • Préhenseur à vide : 27.6 mm • Préhenseur en charge : 45 mm

Rayon d'action

Pendant la simulation, nous ferons en sorte que les blisters et les tartelettes arrivent au même niveau malgré la différence de pas de leurs convoyeurs (43 mm et 220 mm).



Le premier robot devra transférer les tartelettes du convoyeur de tartelettes jusqu'au convoyeur de blisters. D'après le cahier des charges, ceux-ci ont une largeur de bande respective de 200 mm et 120 mm, pour avoir un ordre d'idée du rayon d'action du premier robot, on peut additionner ces deux valeurs soit 320 mm. Le rayon d'action devra se situer autour de **320 mm**.

Le deuxième robot devra transférer les paquets du convoyeur de blisters jusqu'au convoyeur de cartons. D'après le cahier des charges, les paquets s'arrêteront au bord du convoyeur blister à l'aide d'un taquet. De plus la longueur du paquet est de 205 mm et la largeur de bande du convoyeur de blister est de 600 mm. Si on estime que le robot ira attraper le paquet en son centre, on peut, pour avoir un ordre d'idée, faire le calcul suivant : $205/2 + 600 =$ environ **700 mm**.

Conclusion sur le choix du robot

Notre choix se porte sur le robot **M-2iA/3S**, un robot 4 axes.

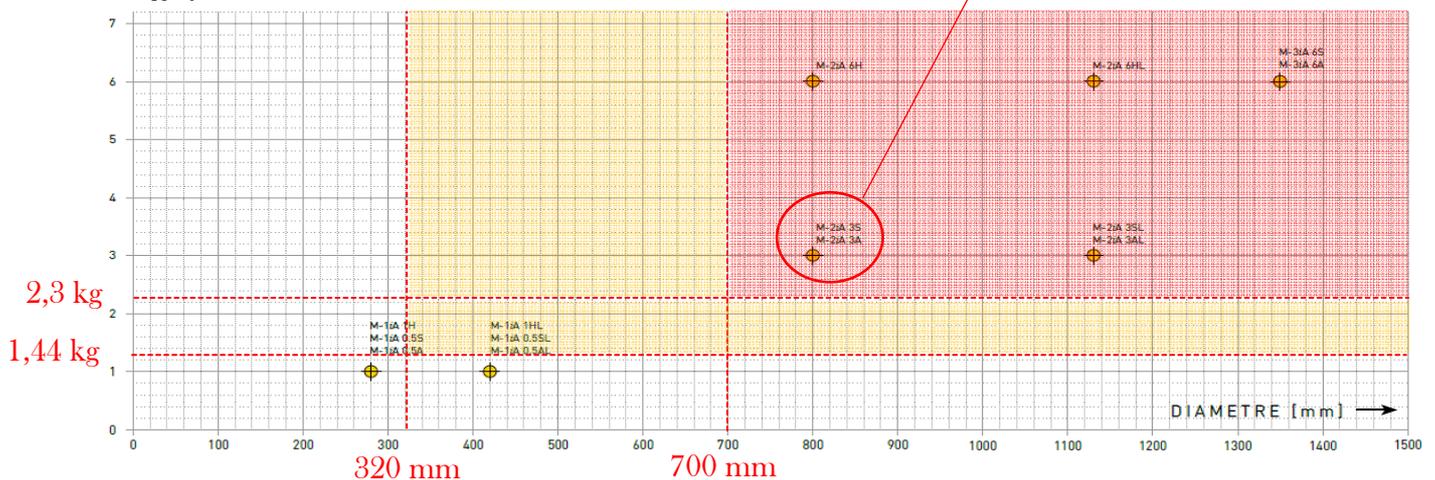
Robot			Contrôleur				
Série	Version	Type	version	Type d'armoire			
				Open Air	Meite	Type A	Type B
M-2	iA	3S	30iB	●	○	○	○
M-2	iA	3SL	30iB	●	○	○	-
M-2	iA	6H	30iB	●	○	○	-
M-2	iA	6HL	30iB	●	○	○	-

Capacité de charge max. admissible au poignet (kg)	Rayon (mm)	Axes	Répétabilité (mm)	Masse unité mécanique (kg)
3	800	4	± 0.1	120
3	1130	4	± 0.1	120
6	800	3	± 0.1	115
6	1130	3	± 0.1	115

M-2iA/3S



Diagrammes de charge et de diamètre de la gamme



Le robot M-2iA/3S est le plus proche de nos critères, que ce soit pour le 1^{er} et le 2^{ème} robot. En effet, sa charge admissible au poignet de 3 kg est correct par rapport aux 2,3 kg et 1,44 kg demandés et de plus son rayon d'action de 800 mm est au-dessus des ordres d'idée des rayons, 320 mm et 700 mm.

Pour finir, le fait de choisir deux robots identiques permet de standardiser l'outil de production et ainsi de réduire les coûts.

Implantation

Implantation de la cellule

D'après le cahier des charges, la surface allouée pour faire la cellule est de 2000 mm x 4000 mm.

Tout d'abord les éléments fournis ne correspondent pas aux échelles du cahier des charges.

Afin de corriger cela nous avons mesuré à l'aide de l'outil **Measurement**, chacun des éléments en longueur, largeur et hauteur, puis nous avons effectué l'opération suivante :

$$\text{Scales} = \text{Echelle cahier des charges/Echelle réelle}$$

Nous avons déduit les résultats suivants :

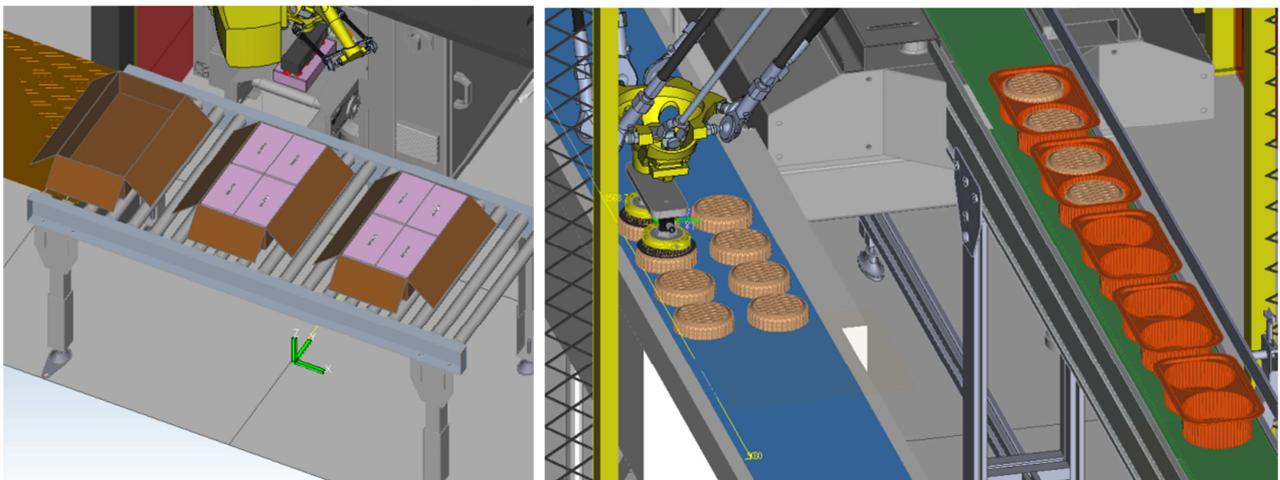
- Scales convoyeur de tartelettes : X: 1,0000 ; Y: 2,5003 ; Z: 1,3000
- Scales convoyeur de blisters : X: 1,1710 ; Y: 1,0060 ; Z: 0,4137
- Scales convoyeur de cartons : X: 1,0227 ; Y: 1,3336 ; Z: 1,1334
- Scales cartons : X: 0,91480 ; Y: 0,9500 ; Z: 1,17070
- Scales paquets : X: 1,0000 ; Y: 1,0000 ; Z: 1,0000
- Scales tartelettes : X: 0,7300 ; Y: 1,6600 ; Z: 0,73000
- Scales blisters : X: 1,0000 Y: 1,0000 Z: 1,0000

L'échelle du préhenseur de paquets était trop grande pour prendre les paquets correctement.

Or pour ne pas le déformer il a fallu trouver une échelle similaire en x, y, z.

- Scales préhenseur paquets : X : 0,1680 ; Y: 0,1680 ; Z: 0,1680
- Scales préhenseur tartelettes : X: 1,0000 Y: 1,0000 Z: 1,0000

Les résultats des échelles sont corrects à 1 mm près.

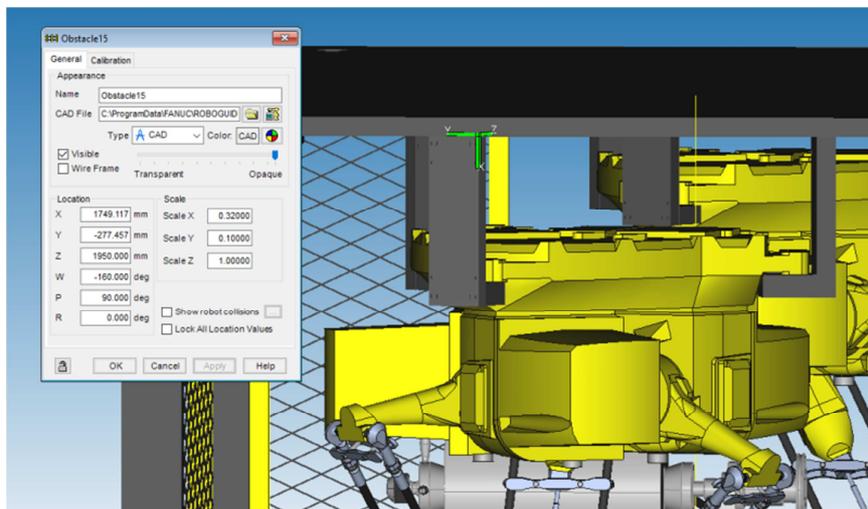


Implantation des robots

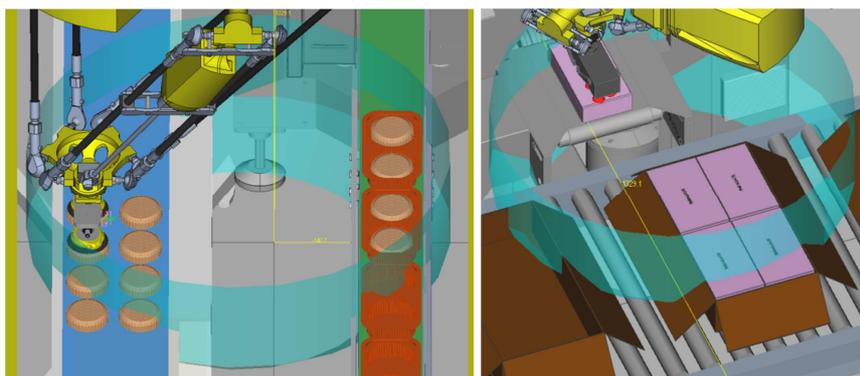
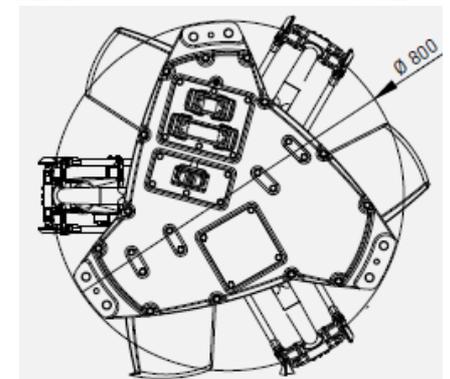
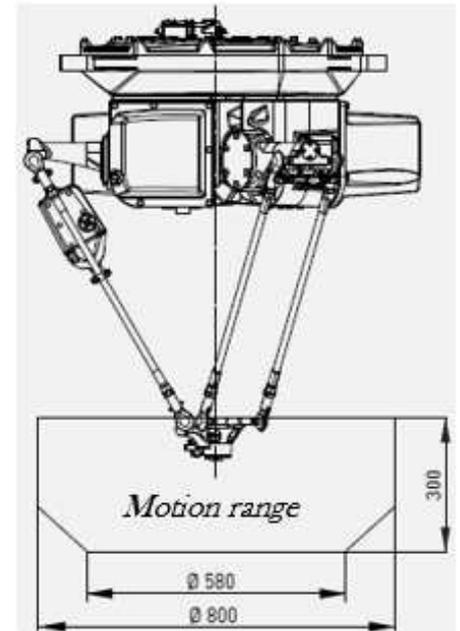
Après avoir réfléchi à plusieurs options, nous avons choisi de fixer le robot au-dessus des zones de travail, orienté verticalement, le poignet vers le bas.

D'après les schémas de la fiche technique, et afin de fixer les robots, nous devons implanter des armatures d'au moins 800 mm de largeur au-dessus des zones de travail.

Les convoyeurs n'étant pas de même hauteur, nous avons opté pour un système d'accroche en équerre qui permet d'adapter l'équerre en fonction de la hauteur voulue du robot.



Système d'accroche en équerre des robots



Rayon d'action des robots

Ces captures nous montrent que le rayon d'action des robots est acceptable. En effet, les robots attrapent les tartelettes et les paquets en leur centre, ce qui explique pourquoi les éléments peuvent dépasser légèrement de la range des robots.

Sécurité en robotique industrielle

Evaluation des risques

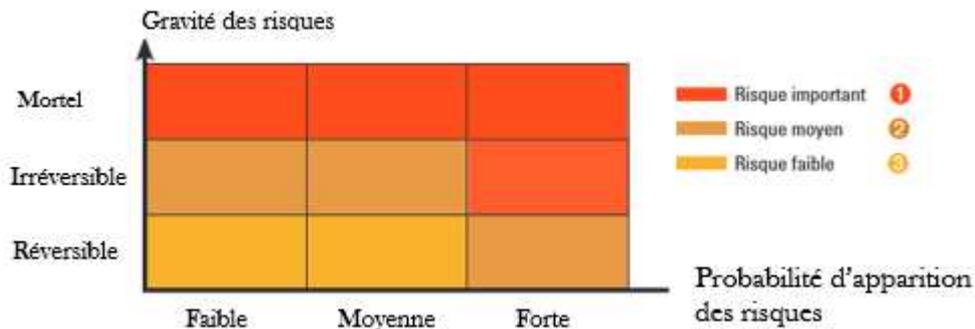


Tableau d'évaluation des risques :

N° de la situation	Identification des situations dangereuses (Source potentielle de risques pour la santé)	Situations dangereuses	Risques (atteinte à la santé physique et/ou mentale)	Probabilité d'apparition du risque (faible-moyenne-forte)	Gravité des risques (réversible-irréversible-mortel)	Hiérarchie des risques ① ② ③
Exemple 1		Lieu : Au niveau des robots de conditionnement				
1	Collision avec les robots	Un opérateur contrôle les tartelettes, il n'est pas assez prudent et le robot le percute	Traumatismes divers, fractures, entorses, écrasement	moyenne	réversible	③
Exemple 2		Lieu : Au niveau des convoyeurs				
2	Accrochage avec les convoyeurs	Un opérateur s'appuie malencontreusement sur un convoyeur, ses vêtements ce coincent et il est entraîné	Traumatismes divers, fractures, entorses, écrasement	faible	réversible	③
Exemple 3		Lieu : Cellule robotisée				
3	Exposition prolongée au bruit des robots en marche	En cours de production, (2 x 8 h 20 jours/mois), les robots travaillent. L'ambiance sonore est de 76,7 dB (73,7+73,7)	Stress, troubles psychologiques, problèmes d'audition	forte	réversible	②

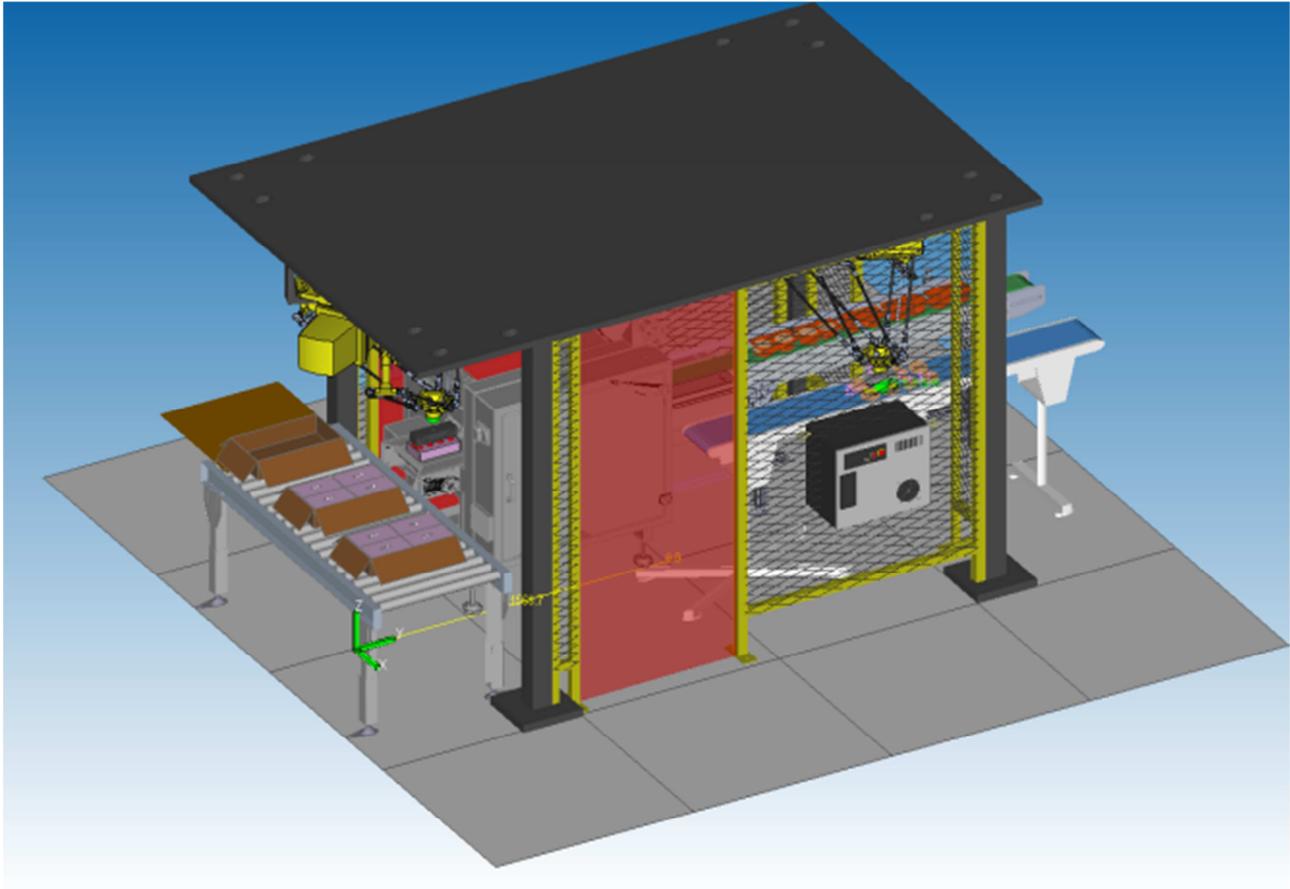
Mesures techniques de protection

Tableau du choix des moyens de protection :

Moyens de prévention		Décision	
N° de la situation	Proposés	Statut	Choix du moyen de protection
Exemple 1 suite		Lieu : Au niveau des robots de conditionnement	
1	Diminuer la vitesse de mouvement des parties mobiles des robots..... Cages et barrières immatérielles empêchant tout contact..... Recouvrir les parties mobiles du robot avec un matériau amortissant..... Capteurs d'effort au niveau des articulations.	Non retenue A faire prioritairement Non retenue A étudier	Nous avons choisi d'installer <u>des cages et des barrières immatérielles</u> qui empêcheraient tout contact avec les robots et permettraient de tout couper en cas de franchissement des barrières. En effet, diminuer la vitesse ferait diminuer la cadence de production, ce qui n'est pas envisageable, recouvrir les parties mobiles des robots ne fait que réduire les conséquences physiques et cela pourrait gêner le déplacement des robots. Pour finir les capteurs d'effort pourraient être un complément aux cages et aux barrières, afin d'informer l'utilisateur en cas de dysfonctionnement.
Exemple 2 suite		Lieu : Au niveau des convoyeurs	
2	Capteurs d'effort au niveau des moteurs..... Cages et barrières immatérielles empêchant tout contact..... Caches de protection des parties dangereuses.....	A étudier A faire prioritairement Non retenue	De même que pour la situation n°1, l'ajout <u>de cages et de barrières immatérielles</u> est, pour les mêmes raisons, le meilleur moyen de préventions. De plus, les capteurs d'effort au niveau des moteurs pourraient être un complément permettant d'informer l'utilisateur en cas de dysfonctionnements. Pour finir la solution des caches de protection n'a pas été retenue car les cages assument déjà ce rôle.
Exemple 3 suite		Lieu : Cellule robotisé	
2	Cloisonnement de la cellule robotisée par des cloisons acoustiques..... Port de casques réducteurs de bruit.....	Non retenue A faire	La solution la plus adaptée est le port de <u>casques réducteurs de bruit</u> pour les employés qui travaillent à proximité de la cellule robotisée plusieurs heures d'affilée. Le cloisonnement supprimerait le visuel avec la cellule robotisée ce qui représente un risque en cas d'incident.

Conclusion sur la sécurité à propos des robots industriels

Pour conclure, l'ajout d'une seule grande cage autour de la cellule robotisée est une solution qui prévient de tous les contacts dangereux entre les employés et le système. De plus, afin de pénétrer dans la cellule, une barrière immatérielle semble la meilleure option. En effet, en cas de franchissement inopiné, le système se coupe. D'autre part, des capteurs d'effort au niveau des convoyeurs et des robots pourraient apporter une sécurité supplémentaire pour être averti en cas de dysfonctionnement. Pour finir, les employés peuvent porter des casques réducteurs de bruit contre la nuisance sonore des deux robots.



Vue d'ensemble de la cellule

Recherche de solution et faisabilité

Programmes

Préhenseur chargé

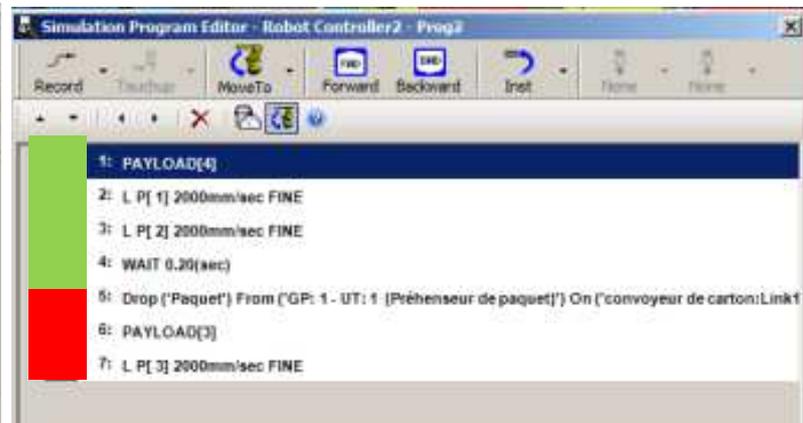
Préhenseur non chargé

Robot « Paquet et Carton »



```

1: PAYLOAD[3]
2: DO[1]-ON
3: WAIT D[1]-ON
4: L P [ 1 ] 2000mm/sec FINE
5: L P [ 2 ] 2000mm/sec FINE
6: Pickup ('Paquet') From ('filmeuse:Link1') With ('GP: 1 - UT: 1 (Préhenseur de paquet)')
7: PAYLOAD[4]
8: WAIT 0.20(sec)
9: L P [ 3 ] 2000mm/sec FINE
  
```

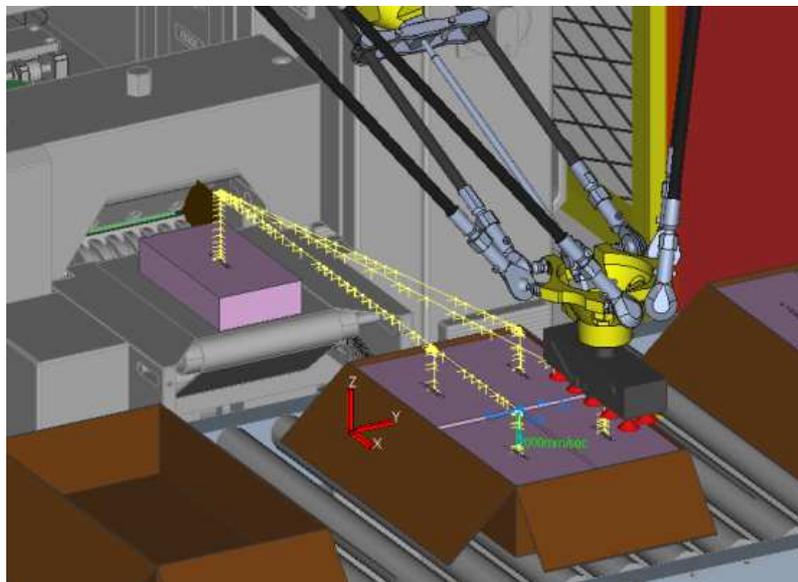


```

1: PAYLOAD[4]
2: L P [ 1 ] 2000mm/sec FINE
3: L P [ 2 ] 2000mm/sec FINE
4: WAIT 0.20(sec)
5: Drop ('Paquet') From ('GP: 1 - UT: 1 (Préhenseur de paquet)') On ('convoyeur de carton:Link1')
6: PAYLOAD[3]
7: L P [ 3 ] 2000mm/sec FINE
  
```

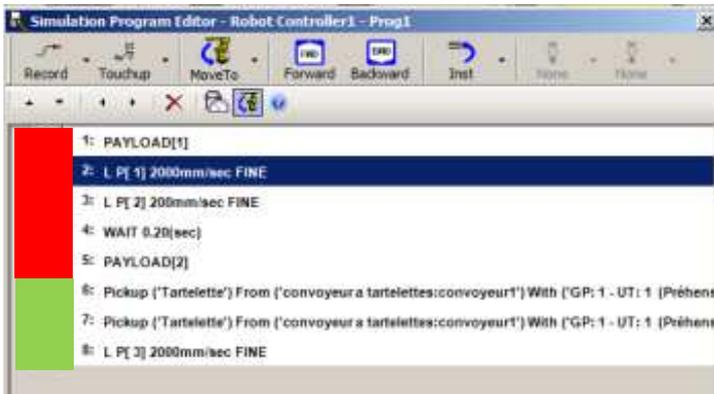
Le programme ci-dessus s'occupe de prendre le paquet sorti de la filmeuse en respectant les 0,2 seconde de temps technologique de prise.

Celui-ci s'occupe quant à lui de déposer les parquets dans les cartons avec, de même que pour le premier programme, toujours les 0,2 seconde de temps technologique de prise.

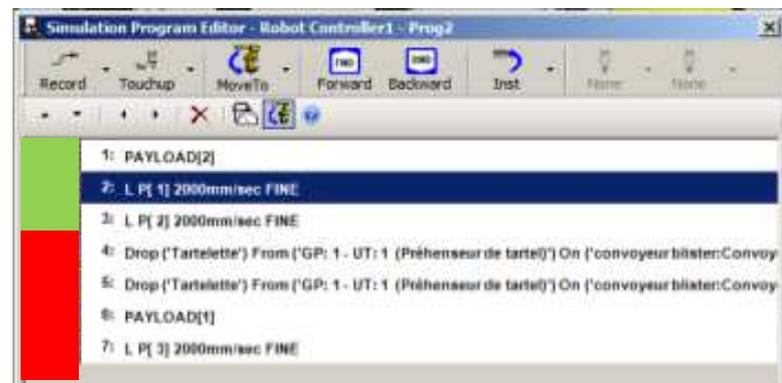


Trajectoire programmée

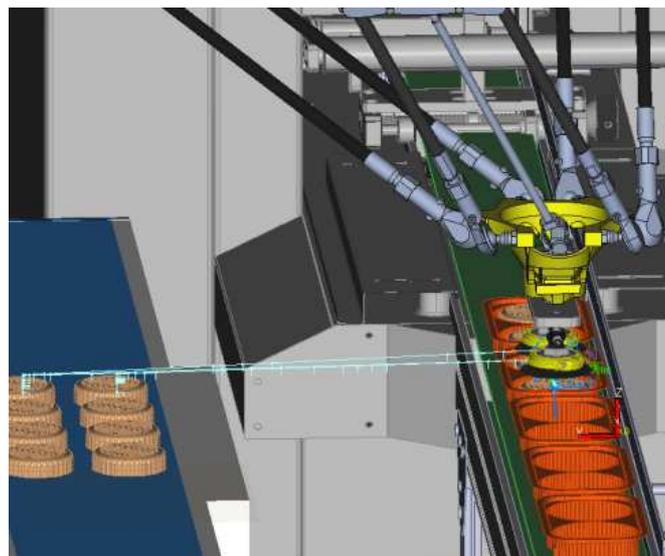
Robot « Tartelettes et blisters »



Le programme ci-dessus s'occupe de prendre les tartelettes du convoyeur en respectant les 0,2 seconde de temps technologique de prise.



Celui-ci s'occupe quant à lui de déposer les tartelettes dans les blisters avec, de même que pour le premier programme, toujours les 0,2 seconde de temps technologique de prise.



Trajectoire programmer

Conclusion de cette expérience

Premièrement, ce projet a été intéressant à réaliser. En effet, cela nous a permis d'en apprendre davantage sur la robotique industrielle et de se familiariser avec le logiciel Roboguide.

Deuxièmement, les difficultés que nous avons rencontrées portaient essentiellement sur l'élaboration des programmes et la prise en main du logiciel.

Pour finir, nous espérons poursuivre cette aventure pour avoir l'occasion de voir et de manipuler de vrais robots industriels.