

SAE 2.2

**Implantation d'un îlot
robotisé de production**

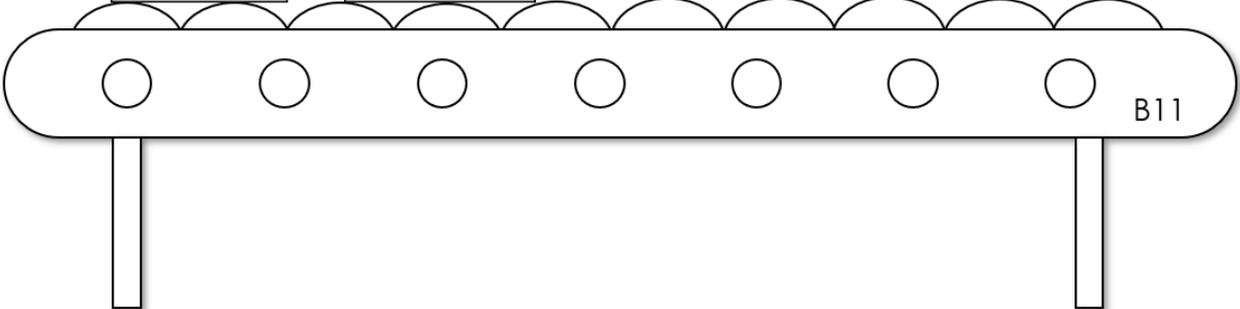
**Dossier technique
argumenté**

ALLEGRE
Tom

CACHON
Rodrigue

EVARD
Gael

GUTOWSKI
Laura



SOMMAIRE

Introduction

Description générale du projet	P1
Cadence	P1

Choix robot

Choix du type de robot	P2
Capacité charge maximale	P3
Rayon d'action	P3
Choix final	P4

Implantation

Implantation de la cellule	P6
Implantation du robot	P7

Sécurité

Identification des risques	P8
Evaluation des risques	P9
Moyens de protection	P9

Programmes

Robot 1	P11
Robot 2	P11

Conclusion

Avantages et inconvénients de la robotisation	P13
---	-----

Annexe

Gestion du projet	P14
-------------------	-----

Introduction

Description générale du projet

L'entreprise Biskuit France SA, société spécialisée dans l'agroalimentaire doit augmenter sa capacité de production et se doter de nouveaux moyens automatisés.

Notre entreprise est donc sollicitée pour concevoir cette nouvelle ligne de production en utilisant des robots FANUC et à partir du logiciel de simulation ROBOGUIDE. Dans l'îlot se trouvera :

- un convoyeur de tartelettes : les tartelettes arrivent sur la ligne d'emballage sur 2 rangées
- un convoyeur de blisters thermoformés : les blisters positionnés en long sur le convoyeur arrivent sur la ligne et seront remplis de 4 tartelettes au total sur 2 couches.
- une cartonneuse-filmeuse : cette machine filme et met en paquet les blisters. L'approvisionnement des paquets vides est assuré par la machine et ne doit pas être étudié.
- un convoyeur de cartons : le carton sera rempli de 8 paquets sur 2 couches, avant leur expédition.

Cadence

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

Cependant il y a un taux de rendement de 84%. Le système robotisé devra donc produire :

$$285000 + (285000 \times 0.16) = 330\ 600 \text{ paquets/mois}$$

L'usine est ouverte en 2x8h 20 jours/mois. Nous avons donc une cadence par paquets de :

$$\frac{330\ 600}{2 \times 8 \times 20 \times 3600} = 0.287 \approx 0.3 \text{ secondes/ paquets}$$

Dans un carton, il y a au total 8 paquets. Au final, il y a une cadence par carton de :

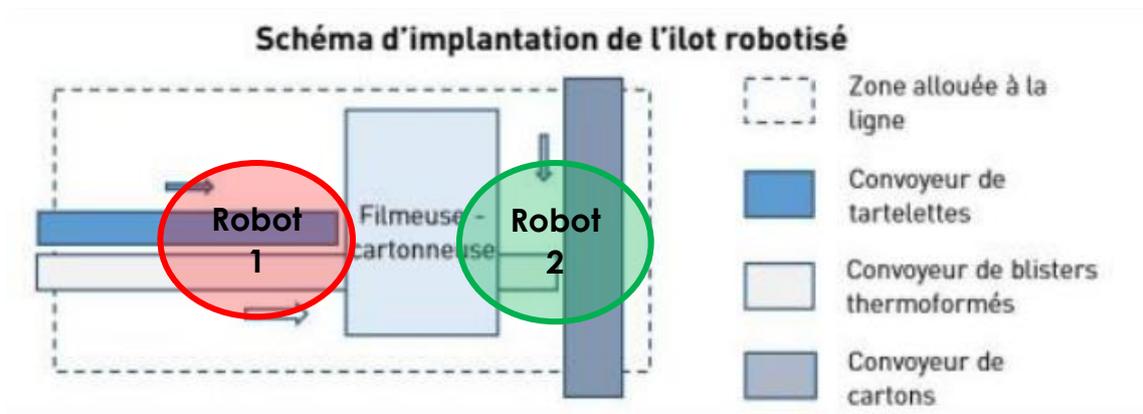
$$8 \times 0,3 = 26,4 \text{ secondes / cartons}$$

Choix robot

Choix du type de robot

Dans ce projet, il faudra mettre en place 2 robots qui feront des tâches différentes :

- Robot 1 : Conditionnement des tartelettes
- Robot 2 : Remplissage des cartons



Pour ces 2 robots, notre choix se porte sur les robots de la gamme Delta qui sont rapides et précis dans le prélèvement et l'emballage de produit. Ils sont spécialement conçus pour maximiser la vitesse et la polyvalence des opérations de manipulation et de prélèvement à grande vitesse de petites pièces dans toute une série de secteurs, dont l'alimentaire. Leur structure unique à liaison parallèle et leur très grande enveloppe de travail en font des candidats parfaits pour automatiser des applications exigeantes que les robots traditionnels à liaison série ou SCARA sont incapables d'exécuter.



Ils nous restent maintenant à choisir la référence précise de ce robot. Nous devons donc par la suite analyser la charge maximale et le rayon d'action de chaque robot.



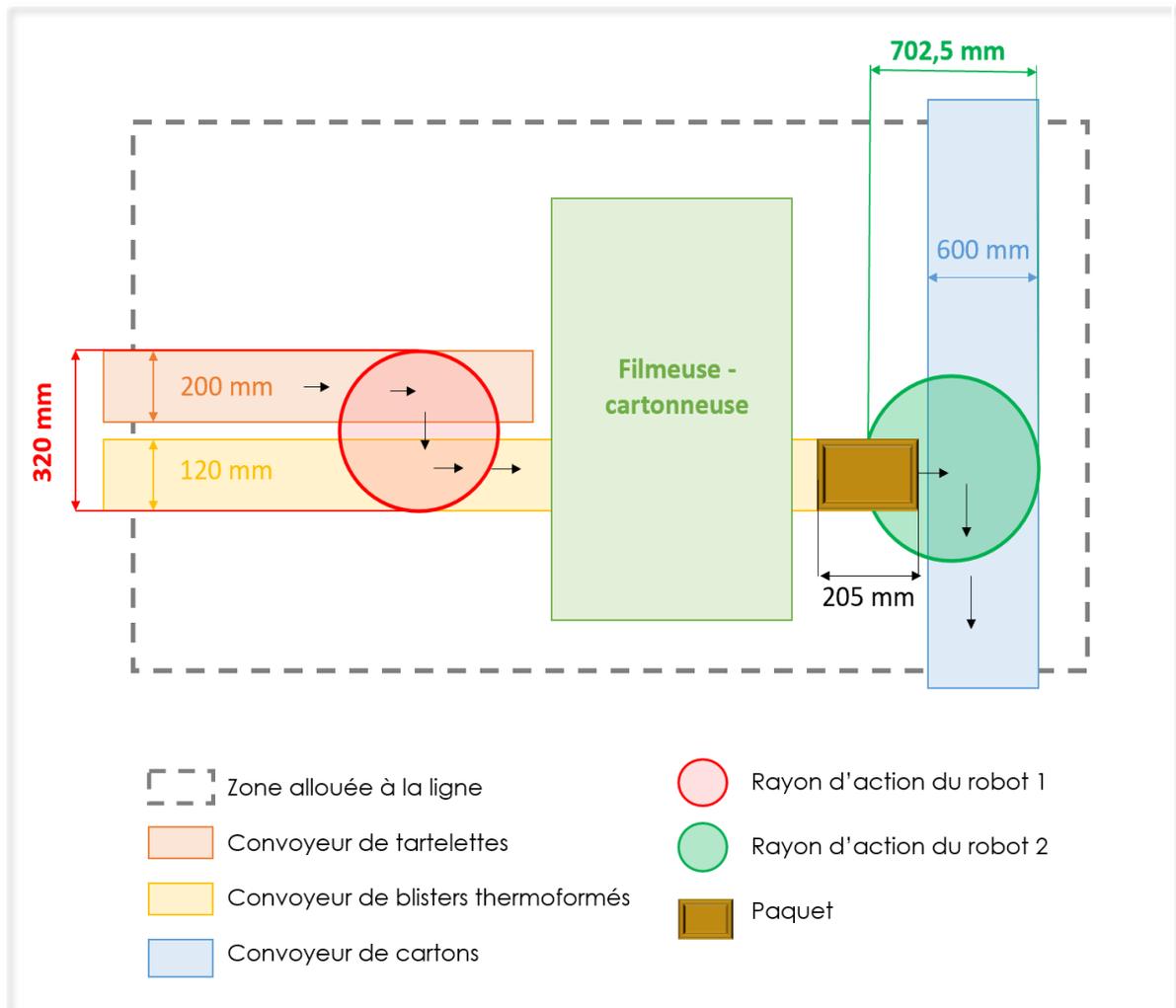
Capacité charges maximales

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, nous pouvons voir que le robot doit supporter plus de 1.44 kg pour le préhenseur de tartelettes et 2.3kg pour le préhenseur de paquets.

Données inertielles	
Préhenseur de tartelettes	Préhenseur de paquets
Préhenseur à vide : Masse = 1.115 kg	Préhenseur à vide : Masse = 1.424 kg
$I_{xx} = 2.62 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{xx} = 4.16 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
$I_{yy} = 9.87 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$	$I_{yy} = 8.33 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
$I_{zz} = 2.83 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{zz} = 4.53 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
Préhenseur en charge : Masse = 1.44 kg	Préhenseur en charge : Masse = 2.3 kg
$I_{xx} = 4.73 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{xx} = 9.61 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
$I_{yy} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{yy} = 4.08 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
$I_{zz} = 4.79 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$I_{zz} = 1.05 \times 10^{-2} \text{ kgm}^2$
Côte en Z du centre de gravité :	Côte en Z du centre de gravité :
<ul style="list-style-type: none"> Préhenseur à vide : 50.1 mm Préhenseur en charge : 54.8 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Préhenseur à vide : 27.6 mm Préhenseur en charge : 45 mm
Les coordonnées X et Y des centres de gravité sont nulles.	
Temps technologique de prise : 0.2 seconde	
Temps technologique de dépose : 0.2 seconde	

Rayon d'action



Robot 1 :

Le premier robot devra transférer les tartelettes du convoyeur de tartelettes jusqu'au convoyeur de blister. D'après les données qui sont à notre disposition, la largeur de bande du convoyeur à tartelettes est de 200mm et le convoyeur de blister est de 120 mm. Pour trouver le rayon d'action de ce robot nous pouvons additionner ces 2 valeurs : $200 + 120 = 320 \text{ mm}$

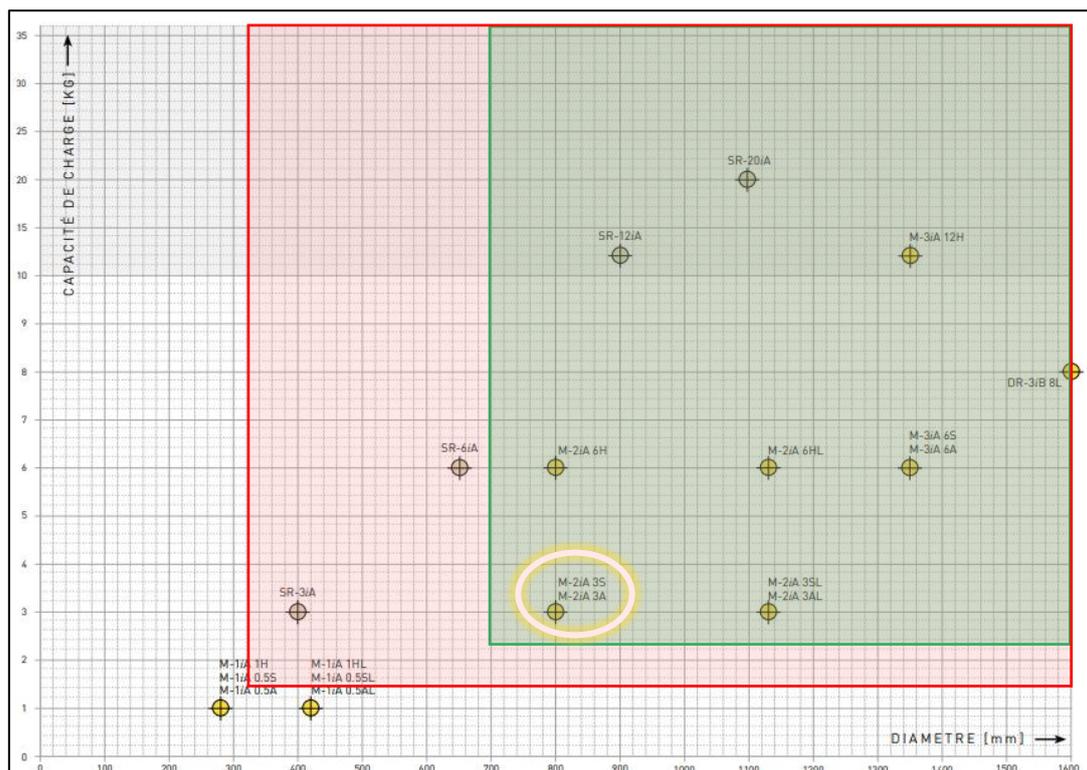
Robot 2 :

Le deuxième robot devra transférer les paquets du convoyeur du blister jusqu'au convoyeur de carton. La longueur paquet d'un paquet est de 205 mm et la largeur bande convoyeur est de 600 mm. En estimant que le robot ira attraper le paquet en son milieu, nous pouvons déterminer le rayon d'action en divisant la longueur du paquet par 2. On obtient donc : $\frac{205}{2} + 600 = 702,5 \text{ mm}$

Conclusion sur le choix du robot

	Robot 1	Robot 2
Charges maximales	1.44 kg	2.3kg
Rayon d'action	320 mm	700 mm

Les valeurs pour la charge maximale et le rayon d'action sont dans le même ordre de grandeurs pour les 2 robots. Nous avons donc décider de prendre 2 robots identiques pour standardiser les outils de production et que leurs maintenance et leurs programmation soit semblable. Ceci permettra donc de réduire les coûts.



Suivant le diagramme de charge et de diamètre de la gamme réalisé au-dessus, 2 robots sont possibles :

- M-2 iA 3S: robot 4 axes
- M-2 iA 3A: robot 6 axes



Pour ce projet, notre choix porte sur le robot 4 axes M-2 iA 3S. En effet, il n'est pas nécessaire d'avoir une rotation autour du poignet.

Robot			Capacité de charge max. admissible au poignet (kg)	Diamètre (mm)	Axes	Répétabilité (mm)	Masse unité mécanique (kg)
Série	Version	Type					
M-2	iA	3S	3	800	4	0,1	120
M-2	iA	3A	3	800	6	0,1	140
M-2	iA	3SL	3	1130	4	0,1	120
M-2	iA	3AL	3	1130	6	0,1	140
M-2	iA	6H	6	800	3	0,1	115
M-2	iA	6HL	6	1130	3	0,1	115

Voici la fiche technique de ce robot :

M-2iA/3S (Poignet creux)

Axes	Répétabilité (mm)	Masse unité mécanique (kg)	Rayon [°]								Vitesse de mouvement[°/s]								J4 Moment/ Inertie (Nm/kgm ²)	J5 Moment/ Inertie (Nm/kgm ²)	J6 Moment/ Inertie (Nm/kgm ²)
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	E1	J1	J2	J3	J4	J5	J6	E1					
4	± 0.1	120	ø 800 x 300 *3				720	-	-	-	-	-	-	3500	-	-	-	-	*4	-	

Enveloppe de travail

Robot		M-2iA/3S
Empreinte au sol [mm]	ø 800	
Fixation au sol	-	
Fixation à l'envers	-	
Fixation au mur ou en angle	-	
Contrôleur		R-30iB Plus
Armoire Open Air	•	
Armoire Mate	•	
Armoire Taille A	•	
Armoire Taille B	-	
iPendant Touch	•	
Raccordements électriques		
Tension 50/60Hz triphasée [V]	200-230 *4	
Tension 50/60Hz monophasée [V]	-	
Consommation d'énergie moyenne [kW]	2.5	
Services intégrés		
Signaux entrée/sortie intégrés sur l'axe 3 [prise EE]	8/8	
Alimentation d'air intégrée	-	
Environnement		
Niveau sonore [dB]	73.7	
Température ambiante [° C]	0-45	
Protection		
Indice de protection / en option	IP67/IP69K	
Poignet et bras J3 standard / en option	IP69K	

*3) ø en mm *4) se référer au diagramme de charge du poignet *6) Transformateur nécessaire
 • Standard ◦ Sur demande - Non disponible | | avec option matériel ou logiciel

MDS-03841_FR Nous nous réservons le droit d'apporter des modifications techniques sans préavis. Tous droits réservés. ©2019 FANUC Europe Corporation

Implantation

Implantation de la cellule

Selon les données qui nous ont été transmises, la surface allouée à l'îlot robotisé est de 2000 mm x 4000 mm.

Tout d'abord les éléments qui nous ont été fournis pour faire l'implantation sur Roboguide ne correspondent pas aux échelles du cahier des charges.

Nous devons donc changer les échelles de chaque élément en longueur, largeur et hauteur avec l'outil. Pour ce faire il y a l'outil « Measurement » qui nous permet de mesurer puis il faut effectuer l'opération suivante :

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

Nous en avons déduit les résultats suivants :

Eléments	Echelle cahier des charges	Echelle réelle	Scales
Convoyeur de tartelettes	X : 2000 mm Y : 200 mm Z : 780 mm	X : 2000 mm Y : 80 mm Z : 600 mm	X : 1,0000 Y : 2,5000 Z : 1,3000
Convoyeur de blisters	X : 2800 mm Y : 120 mm Z : 780 mm	X : 2391 mm Y : 119 mm Z : 1885 mm	X : 1,7110 Y : 1,0084 Z : 0,4137
Convoyeur de cartons	X : 1500 mm Y : 600 mm Z : 680 mm	X : 1467 mm Y : 450 mm Z : 600 mm	X : 1,0224 Y : 1,3333 Z : 1,1333
Tartelettes	X : 80 mm Y : 80 mm Z : 20 mm	X : 109,5 Y : 48 Z : 27,3	X : 0,7305 Y : 1,6667 Z : 0,7326
Blisters	X : 113 mm Y : 203 mm Z : 44 mm	X : 113 mm Y : 203 mm Z : 44 mm	X : 1,0000 Y : 1,0000 Z : 1,0000
Paquets	X : 115 mm Y : 205 mm Z : 45 mm	X : 115 mm Y : 205 mm Z : 45 mm	X : 1,0000 Y : 1,0000 Z : 1,0000
Cartons	X : 240 mm Y : 430 mm Z : 95 mm	X : 262,3 mm Y : 452,3 mm Z : 81	X : 0,9149 Y : 0,9506 Z : 0,1728

Il faut également changer l'échelle des préhenseurs pour que cela corresponde à la réalité. En effet, l'échelle du préhenseur de paquets est trop grande pour prendre les paquets correctement. Cependant il ne faut pas le déformer, il est donc nécessaire de trouver une échelle similaire en x,y,z.

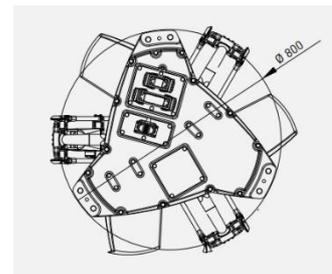
	Scales
Préhenseur de tartelettes	X : 1,0000 Y : 1,0000 Z : 1,0000
Préhenseur de paquets	X : 0,1600 Y : 0,1600 Z : 0,1600

Implantation des robots

Nous avons trouvé 2 solutions possibles pour fixer les robots au-dessus de la zone de travail, orientés verticalement, le poignet vers le bas.

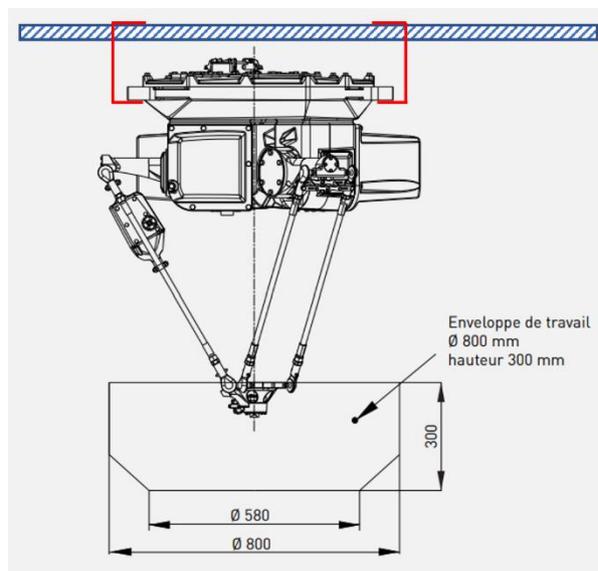
D'après les schémas de la fiche technique, nous devons implanter des armatures d'au moins 800 mm de largeur au-dessus des zones de travail.

De plus, il faut prendre en compte que les 2 robots ne seront légèrement pas à la même hauteur.



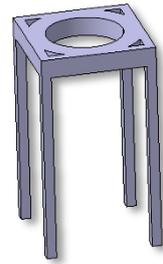
Solution 1

La première solution est de fixer le robot à l'aide d'équerre de fixation. La cellule devra être recouverte sur le dessus pour fixer ces équerres. Il est possible de positionner 4 équerres autour du robot pour bien le maintenir. Les équerres pourront être de différentes longueurs suivant la hauteur du robot.



Solution 2

La deuxième solution est une structure positionnée au sol qui portera le robot. Il est nécessaire d'avoir une structure pour chaque robot. Il est également possible de faire deux structures de hauteurs différentes.

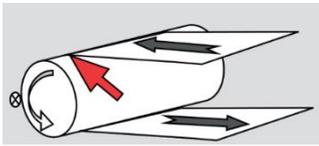


Solution choisie

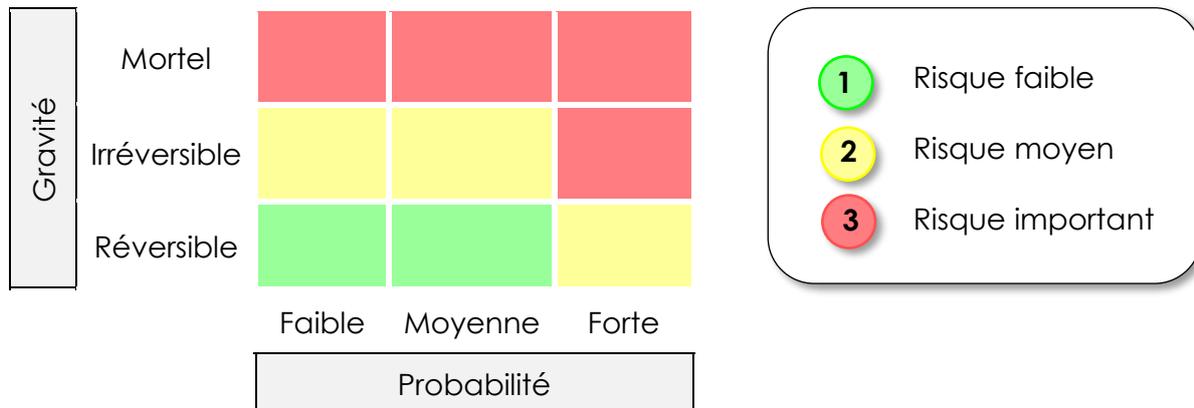
La solution choisie est la première car les structures encombreraient trop l'espace. Cependant la première solution nous obligera à fermer l'îlot avec un grillage au-dessus de la zone de travail.

Sécurité

Identification des risques

N°	Identification des situations dangereuses	Risques
1	<p><u>Exposition prolongée au bruit des robots en marche</u></p> <p>D'après la fiche technique des robots nous avons un niveau sonore de 73,7 Db. Sachant qu'il y a 2 robots proches le niveau sonore sera un peu plus élevé. De plus, nous considérons que l'ouïe est en danger à partir d'un niveau de 80 décibels durant une journée de travail de 8 heures.</p>	<p>Baisse des performances cognitives</p> <p>Troubles de sommeil</p> <p>Troubles cardiovasculaires</p> <p>Stress</p> <p>Favorise le risque d'accident au travail</p>
2	<p><u>Collision avec les robots</u></p> <p>Un contrôleur manquant de vigilance peut percuter les robots lorsqu'il contrôle les tartelettes.</p>	<p>Traumatismes divers</p> <p>Fractures</p> <p>Ecrasements</p>
3	<p><u>Accrochage avec les convoyeurs</u></p> <p>Sur ces convoyeurs, il y a des angles rentrants : c'est une zone où, par effet d'entraînement de la bande, un outil, une main, un bras ou un vêtement peuvent être happés.</p> 	<p>Traumatismes divers</p> <p>Fractures</p> <p>Ecrasements</p>

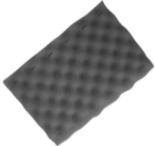
Evaluation des risques



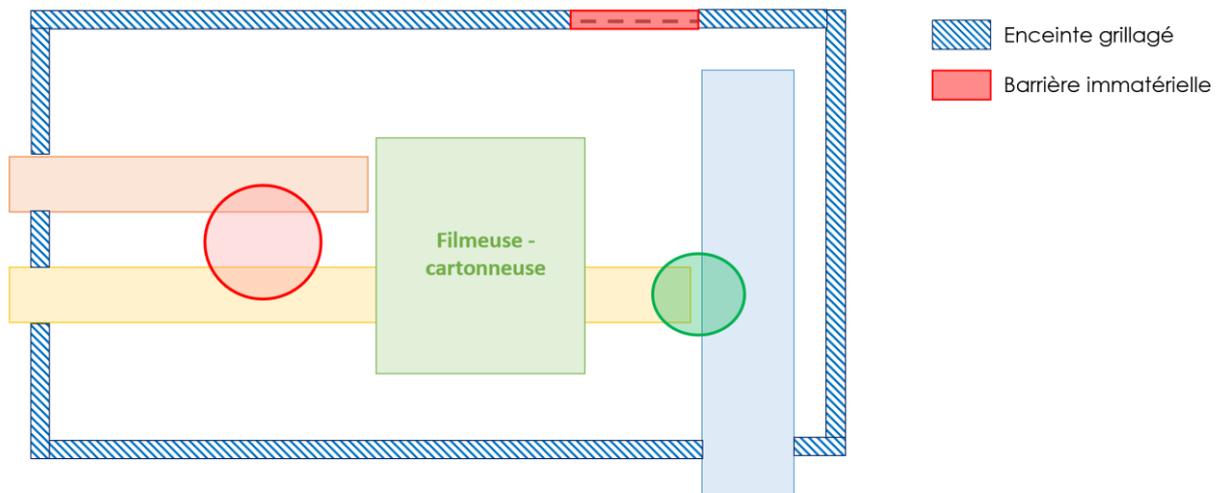
N°	Probabilité d'apparition du risque	Gravité des risques	Hiérarchie des risques
1	Forte	Réversible	2
2	Moyenne	Réversible	1
3	Faible	Réversible	1

Moyens de protection

N°	Moyens de protections possibles	Statut	Justification
1	Cloisons acoustiques 	Non retenu	Les cloisons acoustiques supprimeraient le visuel de la cellule. Ceci peut être un risque en cas d'accident.
	Bouchons d'oreilles 	Retenu	La meilleure solution est donc les bouchons d'oreilles que les employés travaillant à proximité de la cellule pourraient porter.

<p style="text-align: center;">2</p>	<p>Recouvrir avec un matériau amortissant les parties mobiles</p>  <p>Diminuer la vitesse de mouvement des parties mobiles des robots</p> <p>Barrière physique : enceinte grillagée</p>  <p>Barrières immatérielles</p>  <p>Capteurs d'effort au niveau des articulations</p> 	<p>Non retenu</p> <p>Non retenu</p> <p>Retenu</p> <p>Retenu</p> <p>A étudier</p>	<p>La mise en place d'un amortissant sur le robot le gênerait sur ces déplacements.</p> <p>Réduire la vitesse réduira la vitesse de production. Cette solution n'est pas envisageable car il faut respecter la cadence du cahier des charges.</p> <p>L'enceinte grillagée permettrait d'éviter tous les contacts dangereux entre les employés et les robots.</p> <p>Les barrières immatérielles permettraient de couper les robots en cas de franchissement imprévu des barrières.</p> <p>Les capteurs pourraient être une sécurité supplémentaire pour avertir les utilisateurs en cas de dysfonctionnement.</p>
<p style="text-align: center;">3</p>	<p>Barrière physique : enceinte grillagée</p> <p>Barrières immatérielles</p> <p>Capteurs d'effort au niveau des moteurs</p>	<p>Retenu</p> <p>Retenu</p> <p>A étudier</p>	<p>L'enceinte grillagée permettrait d'éviter tous les contacts dangereux entre les employés et les convoyeurs.</p> <p>Les barrières immatérielles permettraient de couper les convoyeurs en cas de franchissement imprévu des barrières.</p> <p>Les capteurs pourraient être une sécurité supplémentaire pour avertir les utilisateurs en cas de dysfonctionnement.</p>

Emplacement de l'enceinte grillagée et de la barrière immatérielle



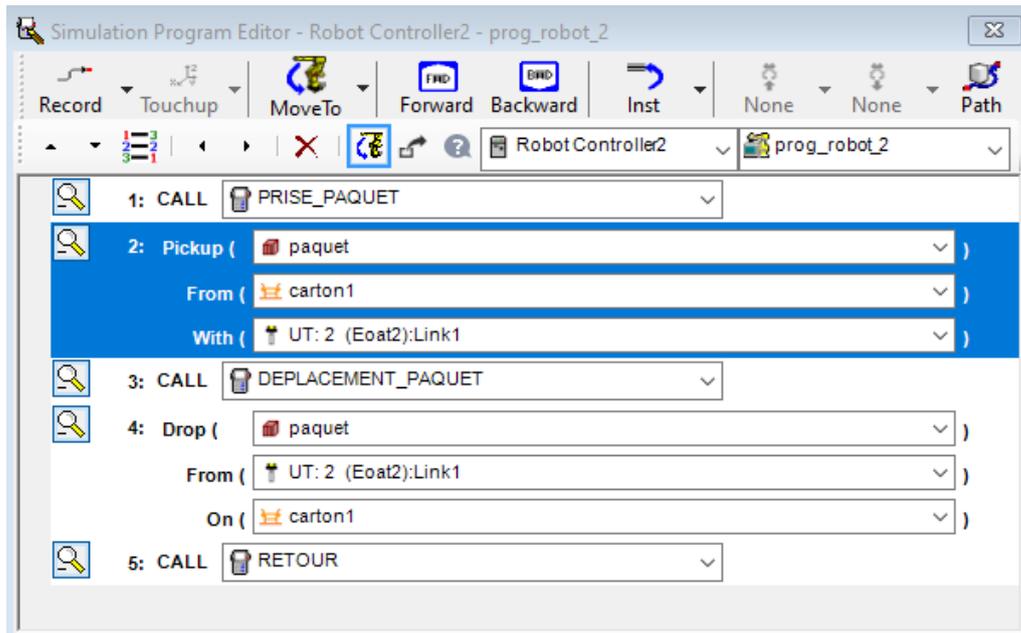
Programmes

Robot 1

The screenshot shows the 'Simulation Program Editor - Robot Controller1 - simulation_robot_1' interface. The toolbar includes buttons for Record, Touchup, MoveTo, Forward, Backward, Inst, None, and Path. The main area displays a sequence of seven steps:

- 1: CALL PRISE_TARTELETTE
- 2: Pickup (tartelette2)
From (convoyeur de tartelettes)
With (GP: 1 - UT: 1 (3jaw_Gripper))
- 3: Pickup (tartelette)
From (convoyeur de tartelettes)
With (GP: 1 - UT: 1 (3jaw_Gripper))
- 4: CALL DEPLACER_TARTELETTE
- 5: Drop (tartelette2)
From (GP: 1 - UT: 1 (3jaw_Gripper))
On (convoyeur de blister)
- 6: Drop (tartelette)
From (GP: 1 - UT: 1 (3jaw_Gripper))
On (convoyeur de blister)
- 7: CALL RETOUR

Robot 2



Conclusion

Pour conclure, l'installation de robots dans cette situation a beaucoup d'avantages.

Tout d'abord, les robots exécutent des opérations de qualité. En effet ils vont effectuer une tâche de façon très précise et à une même constante. Cela permet d'éviter les erreurs humaines et donc de respecter les délais.

Ensuite, l'intégration d'un robot améliore la productivité car selon la cadence choisie il peut fonctionner à une cadence comme 24h/24 et 7j/7. Cette cadence ne peut pas être tenue par des équipes humaines qui ont besoin de pauses.

Puis, la mise en place d'un robot permet avant tout la sécurité des travailleurs. En effet si une personne humaine faisait ces tâches répétitives et contraignantes cela entraînerait de la fatigue et des troubles musculo squelettiques.

Enfin, la robotisation permet de réduire les coûts directs de main-d'œuvre. En effet, une personne en charge de plusieurs opérations coûte souvent plus cher que l'achat d'un robot industriel.

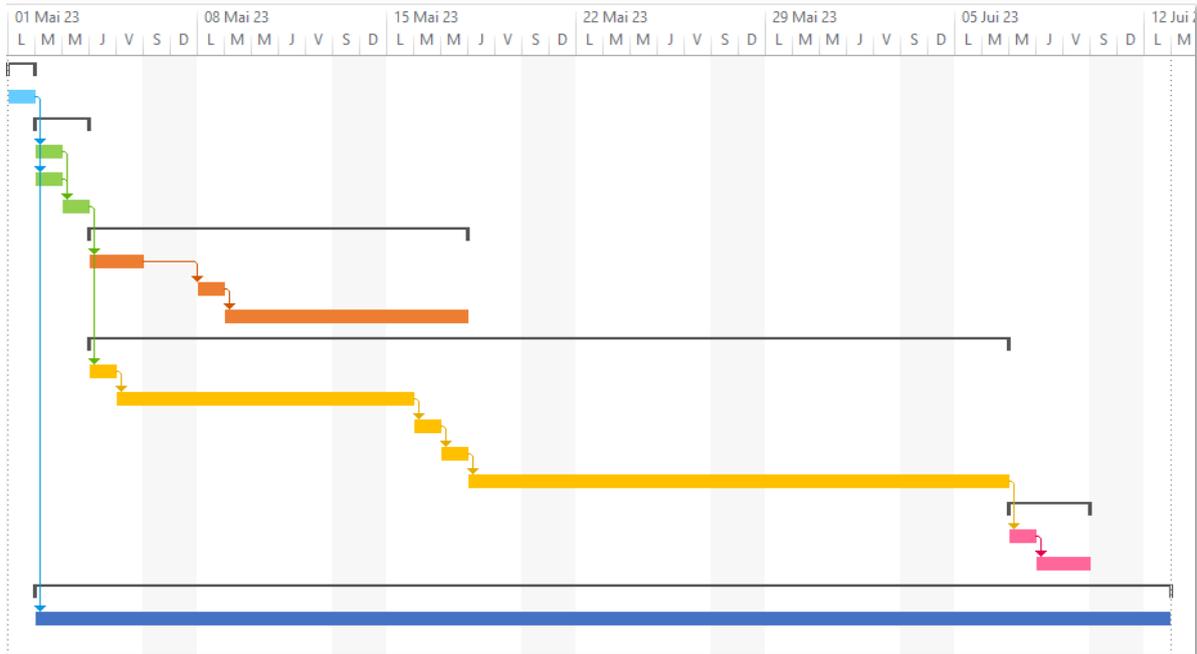
Il y a malgré tout quelques inconvénients tels que le coût d'investissement. Il faut également acquérir de nouvelles compétences techniques pour la programmation, le débogage et la maintenance pour assurer la longévité de durée de vie du robot.

Annexe

Planning prévisionnel du projet

Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs
Calculs préliminaires	1 jour	Lun 01/05/23	Lun 01/05/23	
Calcul des cadences	1 jour	Lun 01/05/23	Lun 01/05/23	
Choix du robot	2 jours	Mar 02/05/23	Mer 03/05/23	
Détermination capacité charge maximale	1 jour	Mar 02/05/23	Mar 02/05/23	2
Détermination rayon d'action	1 jour	Mar 02/05/23	Mar 02/05/23	2
Choix du robot	1 jour	Mer 03/05/23	Mer 03/05/23	4;5
Sécurité	10 jours	Jeu 04/05/23	Mer 17/05/23	
Identification des risques	2 jours	Jeu 04/05/23	Ven 05/05/23	6
Evaluations des risques	1 jour	Lun 08/05/23	Lun 08/05/23	8
Trouver des moyens de protection	7 jours	Mar 09/05/23	Mer 17/05/23	9
Roboguide	24 jours	Jeu 04/05/23	Mar 06/06/23	
Calcul des nouvelles échelles	1 jour	Jeu 04/05/23	Jeu 04/05/23	6
Implantation de la cellule	7 jours	Ven 05/05/23	Lun 15/05/23	12
Implantation des robots	1 jour	Mar 16/05/23	Mar 16/05/23	13
Implantations des moyens de protections	1 jour	Mer 17/05/23	Mer 17/05/23	14
Programmation des robots	14 jours	Jeu 18/05/23	Mar 06/06/23	15
Vidéo	3 jours	Mer 07/06/23	Ven 09/06/23	
Faire la vidéo	1 jour	Mer 07/06/23	Mer 07/06/23	16
Monter la vidéo	2 jours	Jeu 08/06/23	Ven 09/06/23	18
Dossier technique argumenté	30 jours	Mar 02/05/23	Lun 12/06/23	
Ecriture du dossier technique argumenté	30 jours	Mar 02/05/23	Lun 12/06/23	2

Diagramme de Gantt



Vidéo

Il y a problème sur la netteté de la vidéo. En effet le logiciel ne nous permettait pas de choisir la résolution de la vidéo.