



Bois Lemelin

Rapport de projet

Automatisation dans la
palettisation de lattis

Mathias Berlinger & Yannick Savard | Fab Lab Industriel | 6 juillet 2021

Le projet

Date : Du 7 décembre 2020 au 21 Juin 2021

L'ÉQUIPE :

#	Nom	Entreprise	Fonction
1	Normand Gauvin	Bois Lemelin	Président
2	David Bouchard	Bois Lemelin	Directeur des projets
2	Mathias Berlinger	Gesmath Inc.	Consultant en innovation (gestionnaire de projet)
3	Yannick Savard	Travailleur autonome	Responsable de projet. Technicien en génie mécanique.

LES ÉLÉMENTS DU PROJET :

1. L'entreprise et la problématique à régler (mandat)
2. La démarche et la séquence des événements.
3. La mise en œuvre
4. La finalisation du projet
5. Les annexes.

Introduction

Les Bois Lemelin, une entreprise établie en 1986, se spécialise dans la 2^e et 3^e transformation du bois, notamment dans les opérations de pré-coupe, de recoupe, de refente, de traitement à la chaleur, de lattage, de démêlage, de peinture et d'autres procédés encore. En bref, sa mission est de satisfaire les besoins des grossistes pour le rabotage et séchage de bois et plus spécifiquement dans le domaine du bois court, du bois de traitement, du bois classé 1 et 2 pour charpente dans les essences suivantes: sapin, épinette. Le respect de la qualité et des délais est le mot d'ordre.

L'entreprise a gagné de nombreux prix au cours des années pour son développement de la main d'œuvre et sa propension à l'automatisation des procédés qui lui a permis d'accroître grandement sa productivité. C'est d'ailleurs dans cette orientation que notre Fablab Industriel s'engage dans ce mandat à automatiser une opération d'emballage qui nécessite l'apport de 6 à 8 travailleurs, souvent mobilisé plus d'une journée par semaine et de façon périodique.

La démarche

Dans un premier temps, ce fut la présentation de l'entreprise par le propriétaire et le dirigeant principal, puis une visite des lieux. À l'issue de la rencontre, après avoir exposé ce que nous pouvions faire en tant que mandat, deux choix nous ont été proposés : celui de l'optimisation du stockage et des transports de la cour extérieure où est entreposé le stock, et celui de la conception d'un système de palettisation automatique. Dans le premier cas, les économies envisagées étaient en termes de gaspillage de carburant avec les gros chargeurs au diesel déambulants dans les corridors de la cour à bois, puis en temps de circulation par manque d'une gestion rigoureuse de localisation des inventaires. Dans la deuxième proposition, il était question d'automatiser la fin d'une ligne de production de lattis qui nécessitait de 6 à 8 employés lorsqu'elle était en fonction, ce qui arrive presque à toutes les semaines et qui peut durer 2 journées dans la semaine. D'autant plus que les travailleurs affectés à cette tâche la trouvent répétitive et monotone.

Après discussion avec l'équipe du Fablab, il a été décidé de s'attaquer à cette deuxième proposition, considérant l'expérience de Yannick dans l'automatisation des procédés et les gains potentiels que cette amélioration pouvait apporter à l'entreprise en termes d'efficacité opérationnelle. Ce dernier a d'ailleurs été nommé responsable du projet.

Il est également à noter que Bois Lemelin a un historique et une grande expertise à mettre en place des systèmes automatisés dans leur chaîne de production. Ils ont leurs sous-traitants attitrés pour différents travaux de soudure et de machinage comme ils ont

également du personnel à l'interne pour les montages électriques et électrotechniques. Cette débrouillardise à l'interne a également favorisé notre décision d'aller dans ce projet d'automatisation.

Notre mandat dans cette situation sera de concevoir un système automatisé, d'en faire les plans et de fournir les dessins CAD techniques pour donner à leurs sous-traitants afin construire les composantes pour ce faire.

SÉQUENCE DES OPÉRATIONS

1. Dans un premier temps, les planches de lattis de pleine longueur sont coupées par un couteau concave avec un arc prédéfini qui permet par la suite de fabriquer un moyeu parfaitement rond, selon un diamètre précis, dans une bobine de bois pour câble électrique.



2. Les planches de lattis sont transportées sur un convoyeur à vitesse variable au travers duquel des scies circulaires se positionnent pour couper ces planches en longueurs prédéfinies. Ces lattes sont donc poussés entre des scies ajustables sur un convoyeur à chaînes et taquets puis poussés sur des guides de transition vers une chute gravitaire, *(c'est à partir de cette étape que le projet d'automatisation prend forme)*.
3. Puis arrive la chute des lattis sur un plan incliné. Ils s'empilent jusqu'au rebord initial de la chute dépendant de la vitesse avec laquelle les opérateurs peuvent les enlever au bas sur la table de ramassage. Le nombre de travailleurs pour cette opération est donc déterminé par la longueur des lattis et leur quantité se présentant dans la chute. Il est donc nécessaire d'avoir jusqu'à 4 opérateurs en bas pour les ramasser lorsque l'opération tourne à plein rendement.

Quelques images montrant ces étapes précédentes se retrouvent en premières pages de l'annexe ci-après.

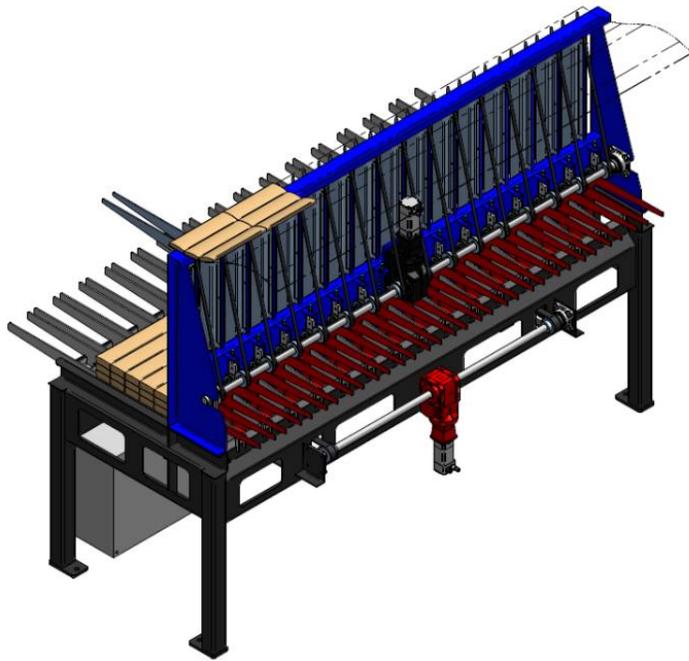
4. À cette étape du ramassage précisément, les lattis minces sont regroupés en paquet de 5 rangées de haut (4.062") et les lattis épais en 3 rangées de haut (4.125").
5. Ces paquets ("*bundle*") sont ensuite déposés uniformément par un ou deux autres travailleurs sur une palette en les croisant sur l'empilage de manière à éviter leur déboulement. Sur une séquence spécifique, une latte est placée en surface pour créer un interstice entre les paquets de lattis et aider à leur assèchement pendant le stockage à l'extérieur.

CONCEPTS SUR L'AUTOMATISATION DE PALETTISATION

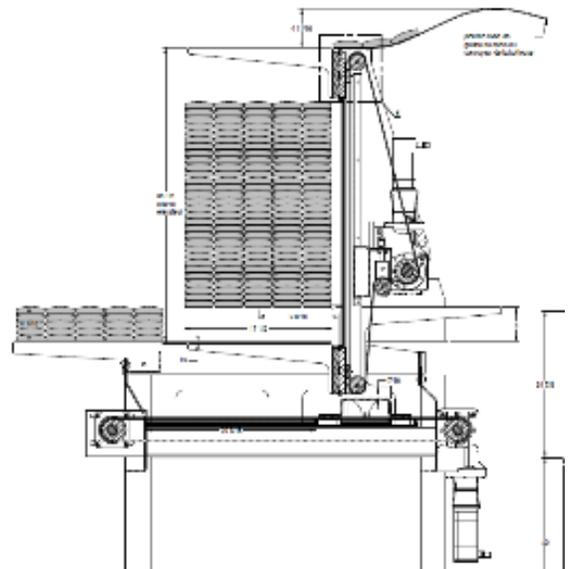
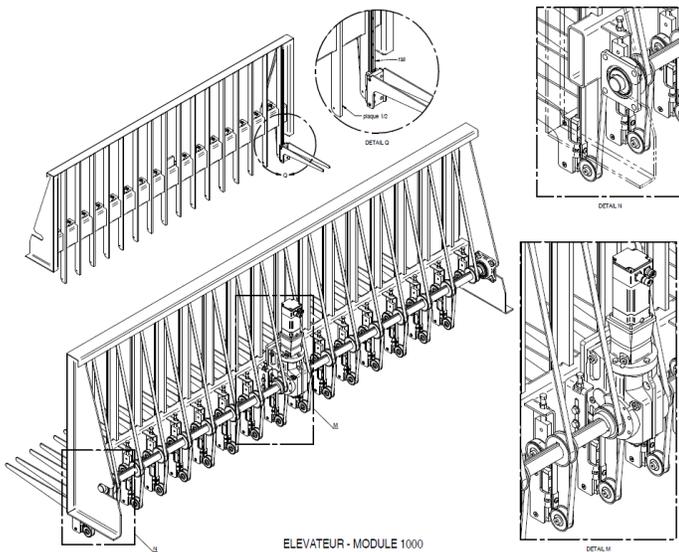
Afin d'automatiser cette portion finale de palettisation des lattis par un bras robot qui est normalement utilisé à cette fin, nous nous devons de concevoir l'empilage des lattis en amont de cette opération. Cette dernière est par ailleurs celle qui exige le plus grand nombre de travailleurs pour ce faire. Comme ce projet de palettisation se résume à deux étapes principales, **notre mandat se concentrera sur la première partie seulement**, tout en envisageant la continuité pour un 2^e projet et les prérequis à alimenter un bras robotisé.

Nous retrouvons en annexe deux documents que Yannick a présenté à Bois Lemelin en guise de concept de montage.

Après quelques discussions, le concept 1 a finalement été approuvé avec quelques modifications suggérées par Bois Lemelin concernant l'espacement requis pour les mécanos d'ajuster les scies sous le convoyeur notamment. Ayant repris la "planche à dessin", Yannick a modélisé le module de formation des bundles où quelques images sont montrées à la page suivante :



Prototypage en bois

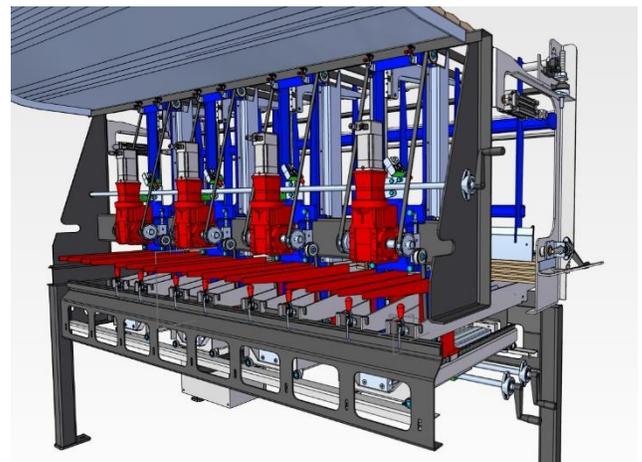
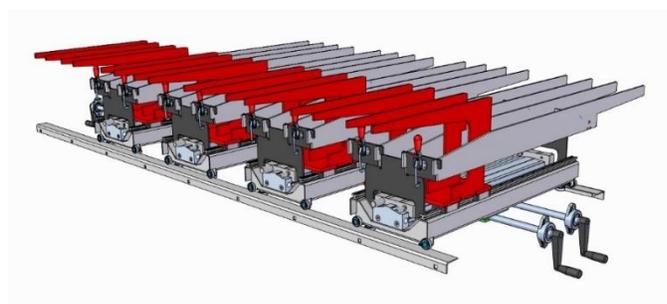
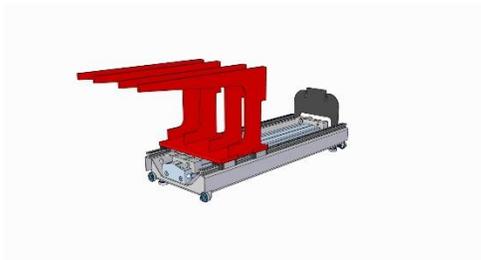


À la suite de l'acceptation de ces plans, un budget a été préparé en guise d'aide à la décision et le montant estimé pour ce formateur de bundles se chiffre à 61 352 dollars. Considérant le nombre d'employés pour réaliser cette tâche (2-4), le projet s'avère déjà très rentable, où le retour sur investissement ne représente que quelques mois.

La conception du prototype étant concluante, l'étape suivante est le montage d'un banc de test où la longueur de lattis correspondrait à 24" et où ces pièces de bois seraient coupées en deux par une scie au préalable. Voici encore une fois les commentaires de Yannick à cet effet :

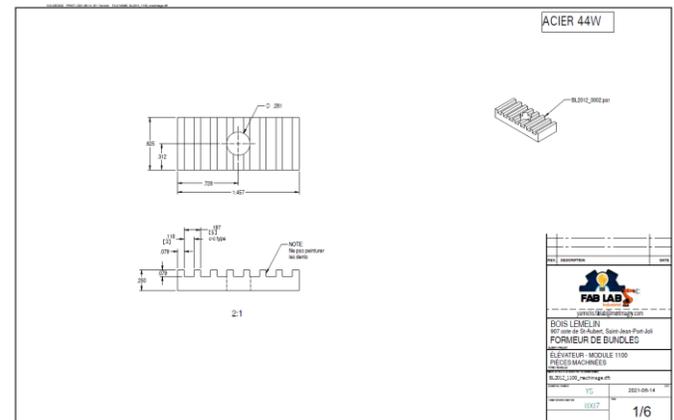
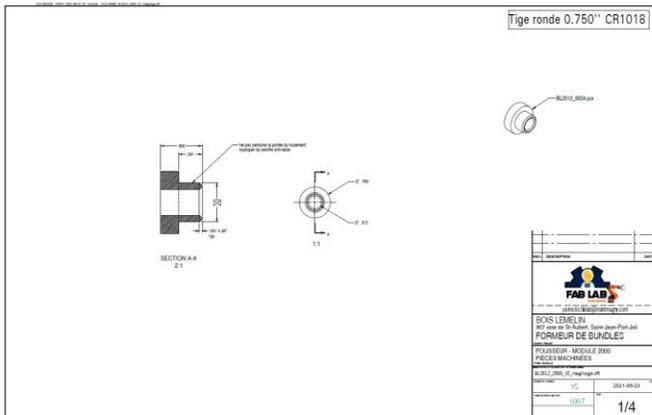
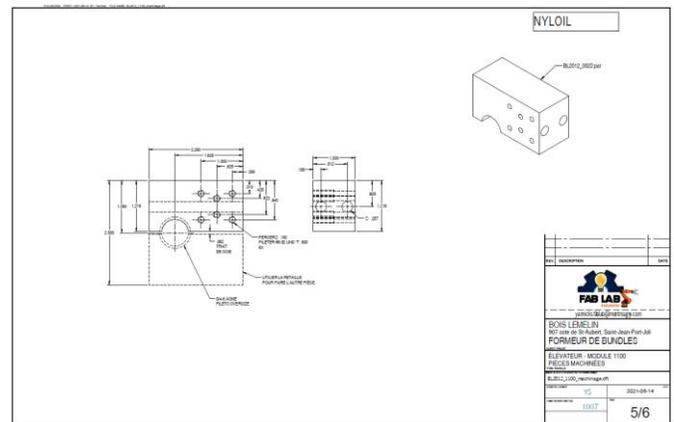
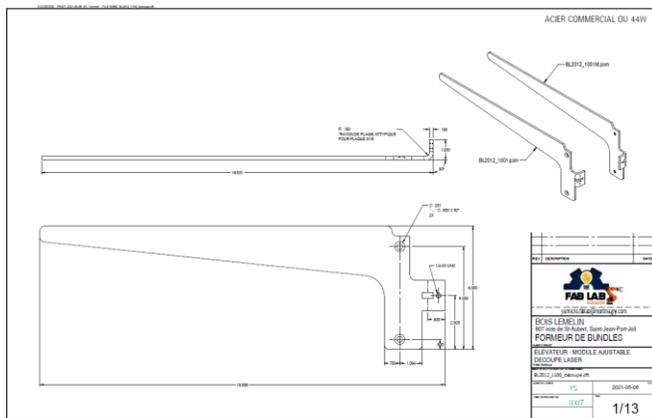
Le gros défi du test est de simuler la descente des rangées quand il y a 5 lattis au sommet de la chute. On peut difficilement le faire manuellement car ça va aller très vite. L'opération doit se faire en 0.3 sec max et descendre de façon précise !

D'autres questionnements et discussions ont lieu sur le banc de test pour finalement convenir que le prototype du formeur de bundles sera à pleine dimension mais avec des sections ajustables, convenant mieux aux irrégularités des lots de production. Ce nouveau concept a obligé à une refonte complète du design. En voici quelques images :



FINALISATION DES DESSINS ET CONCLUSION DE LA PHASE 1 DE L'AUTOMATISATION

Suivant le cours des modifications, discussions et acceptation des plans finaux, Yannick reprend la modélisation CAD de chaque pièce composant le formeur de bundles dont quelques images sont encore présentées ci-après. Bois Lemelin est donc en mesure de commencer la fabrication de l'équipement avec son personnel technique et ses différents sous-traitants dans l'usinage des pièces. Un cahier contenant tous les dessins finaux en format PDF ainsi que les fichiers de découpe et pliage (format DXF) pour la production des pièces sont ainsi remis à l'entreprise, ce qui clôt notre mandat et le présent projet.



ANNEXES



Bois Lemelin

Automatisation de la palettisation du lattis
Présentation des
concepts

Situation actuelle

- Le matériel à palettiser est des lattes de profil arrondi et coupés en diverses longueurs. C'est le lattis.
- Les lattes arrivent à un taux variable via un convoyeur d'alimentation et tombent sur le convoyeur-scie.
- Les lattes sont poussés entre des scies ajustable sur un convoyeur à chaînes et taquets puis poussés sur des guides de transition vers une chute gravitaire, (c'est à partir de cette étape que le projet d'automatisation prend forme)
- Les lattis tombent en vrac sur une table et sont regroupés en paquets afin d'être palettisés manuellement.
- Les lattis minces sont regroupés en paquet de 5 rangées de haut (4.062") et les lattis épais en 3 rangées de haut(4.125")
- Plusieurs opérateurs sont requis pour effectuer cette tâche peu intéressante.



Vue du dessus du convoyeur de sciage

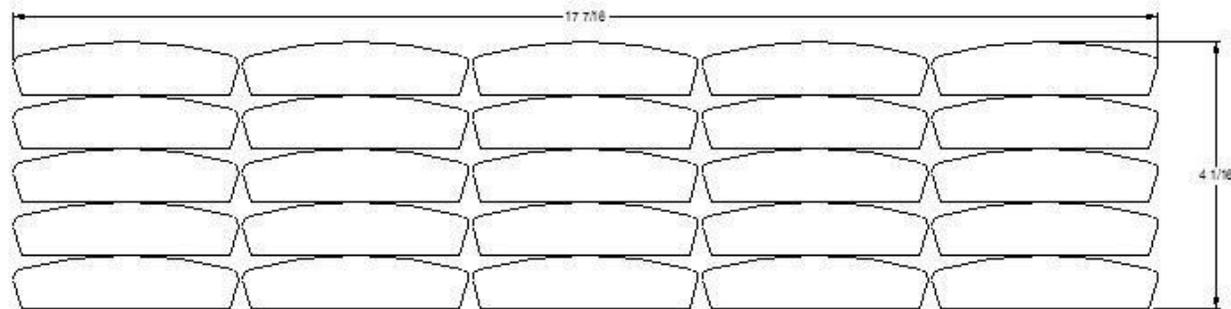
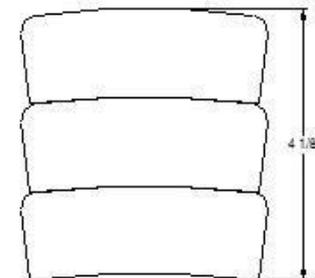
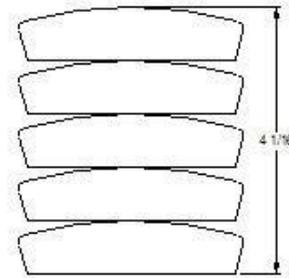
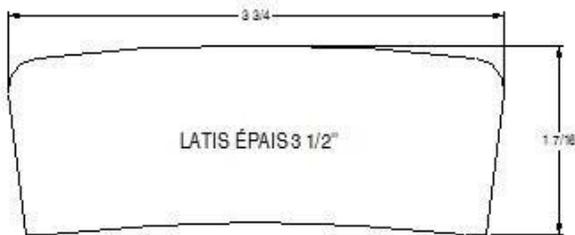
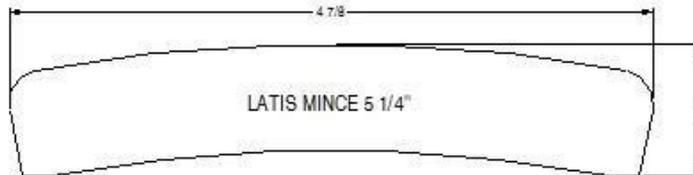
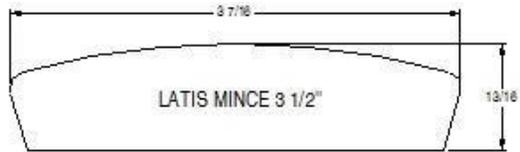


Vue de la chute gravitaire



Vue des guides de transition

LATTIS - PILE - BUNDLE



BUNDLE DE LATIS MINCE 3 1/2"
(UNITÉ DE PALETTISATION)

Stratégie de préparation des 'bundles' de lattis

- Afin de simplifier le concept et réduire les risques, le lattis sera manipulé lorsqu'il est encore guidé par les taquets des chaînes du convoyeur-scie. Aucune séparations ou déplacements aléatoires des morceaux ne devrait être possible avant que les lattis ne soient regroupés.
- Le point de prise en charge du système de préparation serait les guides de transition, auxquels un guide supérieur serait ajouté afin de contraindre le lattis à garder son orientation à plat lorsqu'il y est poussé par les chaînes.
- A partir de ce point, il y a 2 concepts qui seront envisagés:
- La formation d'une grande pile d'une rangée de lattis dans laquelle des groupes de 5 unités sont ensuite extraits par le bas. Ces piles de 5 unités sont ensuite poussées sur une table pour former les bundles.
- La formation d'une grande pile de 5 rangées de lattis dans laquelle des bundles sont ensuite extraits par le bas de la chute.
- Les bundles poussés sur la table de ramassage (table de pick) sont ensuite prêts à être ramassés par l'outil du robot de palettisation (autre projet).

Objectifs et paramètres de conception

- Les lattes mince et épais font tous 3.5” de large, à l'exception d'un format de 5.25”. Le concept est donc développé pour le lattes de 3.5” afin de simplifier la conception préliminaire. Le 5.25” sera traité en second lieu.
- Idéalement, le système devra fonctionner sans interrompre le flux de production déjà en place.
- L'ajout d'un variateur de fréquence (drive) sur le convoyeur-scie et son convoyeur d'alimentation serait à considérer afin d'optimiser le débit de production et s'assurer que le système de formation des bundles soit bien synchronisé avec le flux de production, en fonction de la quantité de lattes présentes sur les chaînes. Cette partie implique la détection des lattes en continue. Un algorithme pourrait alors contrôler la vitesse du convoyeur via le variateur de fréquence.
- Pour la première partie du projet, les bundles de lattes seront palettisés manuellement à partir de la table de ramassage.
- Un seul opérateur sera requis pour assurer le bon fonctionnement une fois la palettisation robotisée mise en place.
- Un autre opérateur conduira le chariot élévateur et alimentera le magasin de lattes intercalaire.

Taux et vitesse (à valider)

Vitesse et débit du convoyeur	environ 60 pieds / minute	1 lattis / 0.7 secondes
débit des bundles de 25 lattis (minces)	$25 \times 0.7 =$ un bundle au 17.5 sec	3.5 bundles / minute
débit des bundles de 15 lattis (épais)	$15 \times 0.7 =$ un bundle au 10.5 sec	6 bundles / minute

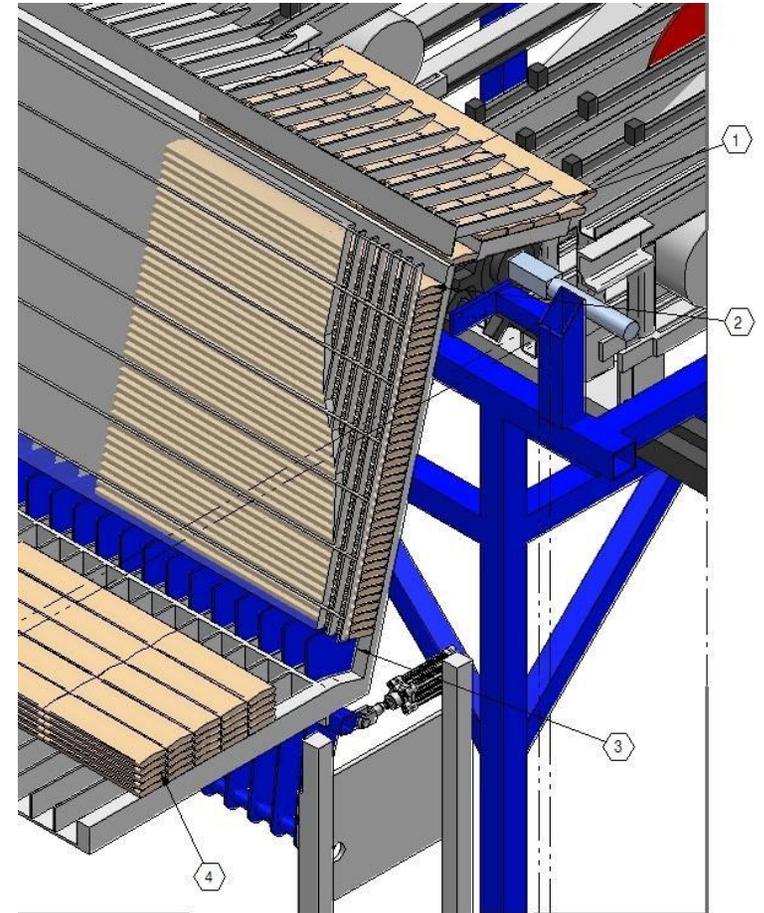
Concept 1 - Stratégie de préparation des 'bundles' de lattes

Le premier concept vise un empilement du lattes en le poussant dans une chute simple situé au bout des guides de transition (1). Des tests montrent que le lattes poussé au-dessus de la chute se comporte très bien lorsqu'il tombe de moins de 3". Au-delà de cette valeur, le comportement est chaotique. Étant donné que ce système devrait descendre par groupe de 5 lattes (4"), la mise en place du lattes sur le dessus de la pile devrait donc être contrôlé mécaniquement (2) dans un laps de temps très restreint. C'est la principale faiblesse de ce concept.

Au bas de la chute, (3) des piles de 5 rangées de lattes mince (ou 3 épais) sont poussées sur la table de ramassage par un bras sur pivot. Le guide sur le devant de la chute permet le passage de la bonne quantité de lattes. Les piles de lattes s'accablent jusqu'à ce qu'il y ait 5 rangées (environ 17.5"). Le groupe ainsi formé est prêt à être palettisé. (4)



Vue du montage de test pour le comportement des lattes lorsque poussés dans une chute



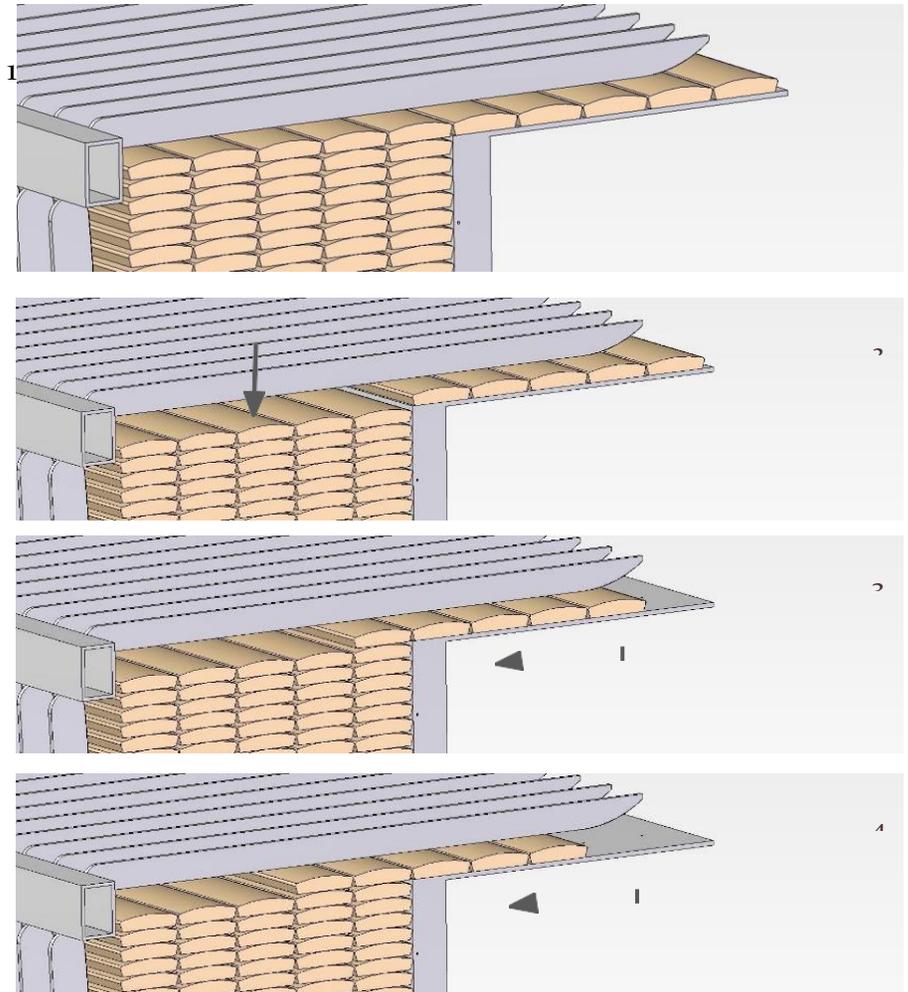
Concept 2 - Stratégie de préparation des 'bundles' de lattis

Le deuxième concept vise à créer les bundles dans une chute, directement au bout des guides de transition.

Un système de guidage supporte le bas de la pile de bundle dans la chute.

Lorsqu'une rangée de 5 lattis est complète (1), le support mobile descend rapidement de l'épaisseur d'un lattis (2) pour que le 'train' de lattis qui continu d'avancer (3,4) puisse embarquer sur le dessus de lapile.

Cette stratégie permet de donner assez de temps (environ 4 secondes) entre chaque descente du support pour pouvoir pousser les bundles sur la table de ramassage au bas de la chute sans avoir à arrêter le convoyeur-scie.



Concept 2 - Stratégie de préparation des 'bundles' de lattis - suite

Le bas de la chute permet donc, comme pour le concept 1, la formation des bundles. Le concept 2 implique plus de mécanique, mais contrôle la descente du lattis dans la chute.

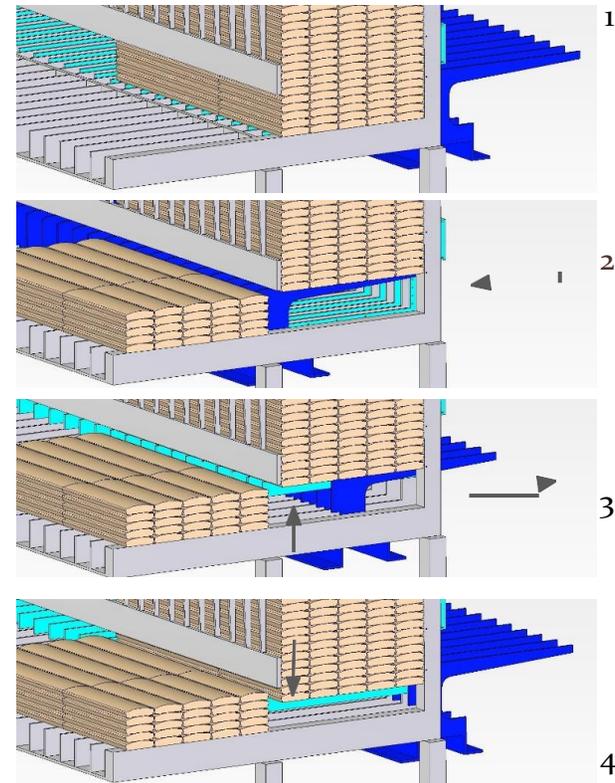
1- Quand le support mobile (en bleu cyan) atteint le bas de la chute, 2- Le pousseur de bundles (bleu foncé) pousse les bundles sur la table de pick à travers une ouverture dans le bas de la chute.

3- Le support mobile remonte supporter le bas de la pile (à travers les 'doigts de peigne' du pousseur. Puis le pousseur se rétracte. Le tout doit se faire durant la formation d'une rangée de lattis au sommet de la chute.

4- Le cycle recommence. Le support mobile redescend la pile d'une épaisseur à la fois jusqu'au bas de la chute. Durant cet intervalle, le robot ramasse les bundles sur la table de pick (17 secondes pour le lattis mince et 10 secondes pour le lattis épais)

* Le temps de cycle pour le lattis épais risque toutefois d'être problématique. Un drive sur le convoyeur-scie pourrait régler cette problématique en réduisant la vitesse de production pour le lattis épais lorsque le convoyeur est rempli à plus de 50%.

** Au départ de la production, le support mobile monte jusqu'en haut de la chute pour se remplir (entre 30 et 40 rangées de lattis, selon la hauteur de la table de ramassage). A la fin de la production, le cycle continue à vide jusqu'à ce que la chute soit vide.



Concept 1 ou 2 - Stratégie de palettisation

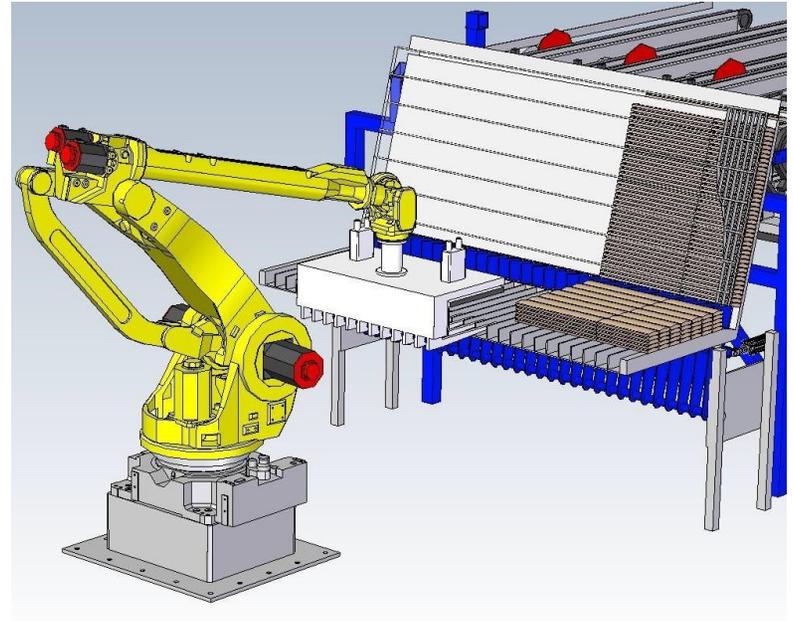
Un robot palettiseur vient prendre les bundles sur la table de ramassage (table de pick).

L'outil de palettisation, de type préhenseur latéral, devra pouvoir prendre de 1 à 4 bundles de large selon la longueur du lattis (de 12 à 48"). Les 'doigts' de l'outil viennent prendre les bundles par dessous en passant entre les plaques de la table de ramassage. Une plaque de pression vient sécuriser la prise et une plaque mobile pousse sur le côté des bundles lorsqu'il faut les déposer sur la palette.

Pour que le robot palettiseur puisse suivre la cadence de production, l'outil devra idéalement couvrir la moitié de la longueur de la table de ramassage afin de réduire le nombre de pick du robot. Ces paramètres seront à valider lors de la conception détaillée de la cellule de palettisation en fonction du choix du robot et de la logique de formation des couches de bundle (layer).

Un robot palettiseur M410-140H est suggéré ici pour sa charge utile de 140Kg, sa vitesse et sa portée.

*la chute et la table de ramassage sont représentées partiellement remplies, mais la longueur utile est la même que le convoyeur-scie. (environ 96").



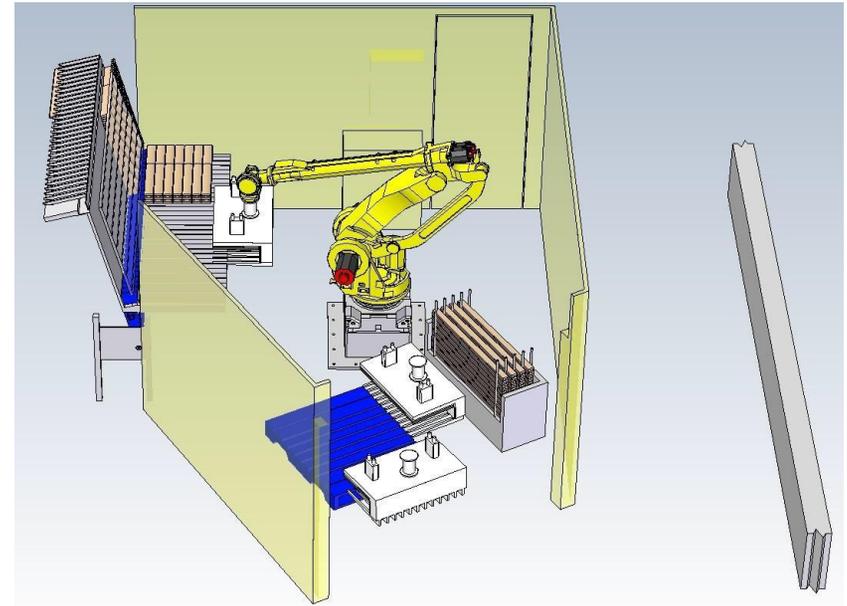
Concept 1 ou 2 - Stratégie de palettisation - suite

Le robot dépose les bundles sur une palette au sol positionnée par l'opérateur à l'aide d'une butée fixe. Les bundles seront disposés selon des patrons programmés pour chacune des différentes longueurs de bundle de lattis et formats de palettes.

La cellule de palettisation sera ceinturée par une enceinte de sécurité et l'accès à la palette par le chariot élévateur se fera par une ouverture protégée par des 'rideaux lumineux' et désactivée par une demande d'accès.

L'insertion des lattes intercalaires entre les couches de bundles sur la palette pourrait être faite soit par un magasin-distributeur conçu à cette fin, ou directement par le robot à l'aide de ventouses, si les temps de cycle le permettent.

*Évaluer la possibilité d'utiliser des feuilles de carton (slipsheet) à la place des lattes, car ce procédé, qui est standard dans l'industrie de la palettisation, est simple, peu encombrant et efficace, en plus de ne prendre qu'une seule étape de manipulation par couche (layer). Cette étape pourrait facilement être faite par l'outil du robot palettiseur. Une couche de plus par palette pourrait aussi être ajoutée, grâce à l'épaisseur sauvée avec les slipsheets.



Vue d'ensemble de la cellule, côté porte de garage
*Le lay-out détaillé est fourni ci-après.

Concept 1 - LAYOUT

SOURCEDES POINT 2020-12-14 Dr Yarnick FLENAME BL_palettisation_1a1_0dft



EN COLLABORATION AVEC LE
FABLAB INDUSTRIEL DE MONTMAGNY:

PROJET: BOIS LEMELIN PALETTISATION DU LATIS

DOCUMENT (PLAN, RELEVÉ...)

LE PROJET SE DIVISE EN 2 PHASES:
1-AUTOMATISATION DE LA FORMATION
DE 'PAQUETS' DE LATIS À LA SORTIE DU
CONVOYEUR-SCIE DE PRODUCTION.
2-INTÉGRATION D'UNE CELLULE DE
PALETTISATION DES 'PAQUETS' DE LATIS
FORMÉS À LA PHASE 1.

LÉGENDE GRAPHIQUE

NOTES / ITEMS

REV.	DESCRIPTION	DATE



yarnicks.flab@montmagy.com

BOIS LEMELIN
907 cote de St-Aubert, Saint-Jean-Port-Joli
Automatisation de la palettisation

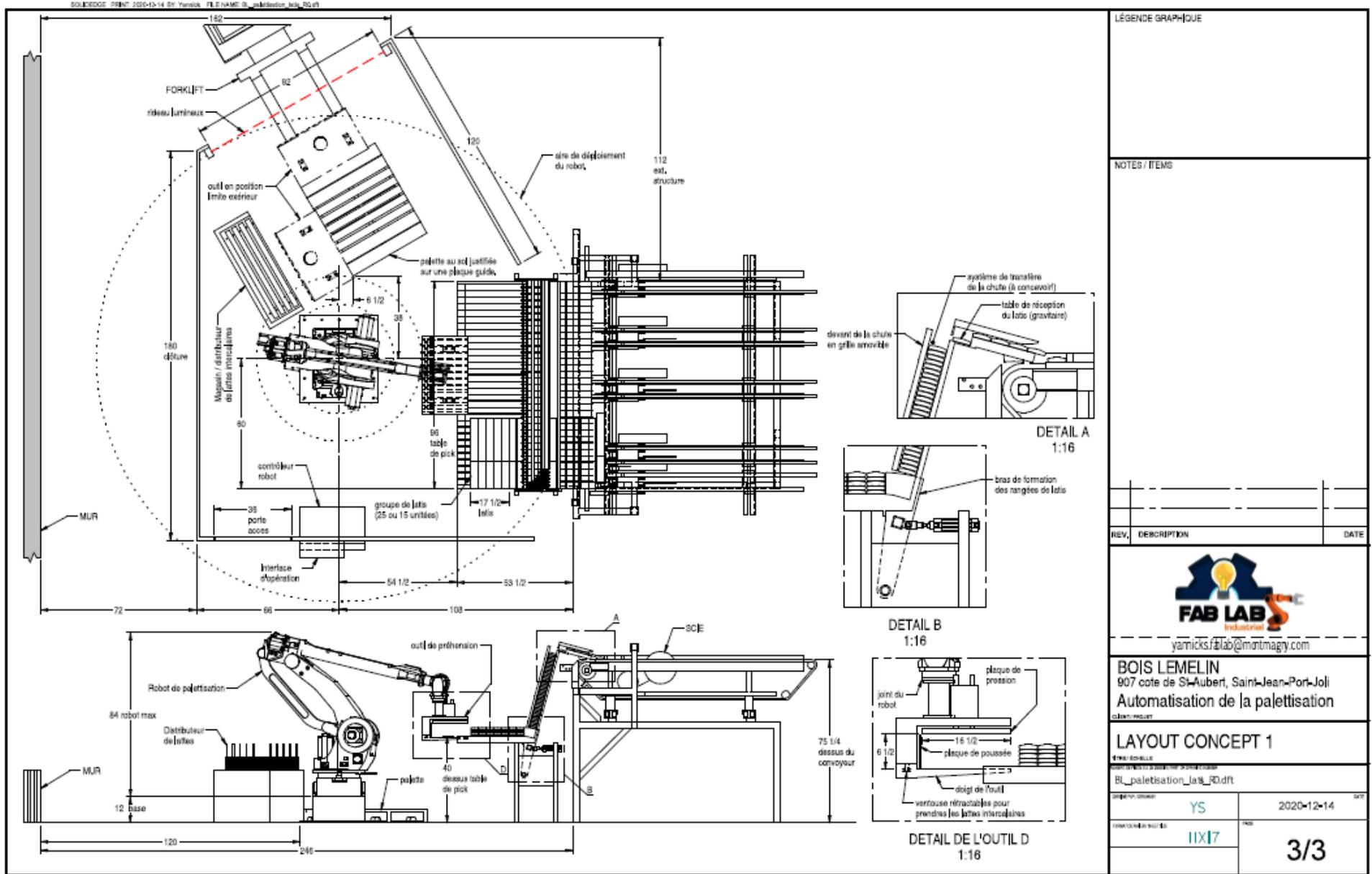
PAGE DE PRÉSENTATION

PROJET BOIS LEMELIN
BL_palettisation_1a1_0dft

DATE DE MISE À JOUR	YS	2020-12-14	DATE
---------------------	----	------------	------

PROJET BOIS LEMELIN	11X17	PAGE	1/3
---------------------	-------	------	-----

Concept 1 – LAYOUT (suite)



LÉGENDE GRAPHIQUE

NOTES / ITEMS

REV.	DESCRIPTION	DATE



yamicks.f@fab@montmagny.com

BOIS LEMELIN
 907 cote de St-Aubert, Saint-Jean-Port-Joli
 Automatisation de la palettisation

LAYOUT CONCEPT 1

BL_palettisation_la_10.dft

Y/S	2020-12-14
III/17	3/3

Bois Lemelin
Évaluation de coût du formeur de bundles



18-févr-21

Matériel / opération	cout unitaire	Quantité	unité	cout	notes
MATÉRIEL BRUT					
Plaque d'acier découpé au laser	2.00 \$	1588	livres	3 176.00 \$	Cout majoré pour estimation. Environ 1.5\$ / livre chez CBR
pliage	4.00 \$	835	livres	3 340.00 \$	estimation selon expérience
tube HSS et profilé	1.50 \$	332	livres	498.00 \$	
barre plate alu	5.00 \$	20	livres	100.00 \$	
tige ronde	2.00 \$	78	livres	156.00 \$	
SOUS TOTAL				7 270.00 \$	
MAIN D'OEUVRE					
machinage	50.00 \$	40	heures	2 000.00 \$	
montage soudé	50.00 \$	40	heures	2 000.00 \$	
assemblage mécanique	50.00 \$	60	heures	3 000.00 \$	
Conception électrique (fab lab si possible)	0.00 \$	60	heures	0.00 \$	
programmation (fab lab si possible)	0.00 \$	40	heures	0.00 \$	
wiring électrique	80.00 \$	24	heures	1 920.00 \$	
Mise en route	50.00 \$	40	heures	2 000.00 \$	
SOUS TOTAL				10 920.00 \$	
PUISSANCE					
servo moteur 2Nm	2 500.00 \$	2		5 000.00 \$	BMH0702T.. 2.1 Nm - 8000 rpm
contrôleur servo	2 000.00 \$	2		4 000.00 \$	à sélectionner
câble servo (puissance)- 7m	500.00 \$	2		1 000.00 \$	à sélectionner
câble servo (encodeur)- 7m	200.00 \$	2		400.00 \$	à sélectionner
réducteur elevateur	1 500.00 \$	1		1 500.00 \$	KA37AQ80
réducteur pousseur	1 300.00 \$	1		1 300.00 \$	KA29BAQ80
boitier Nema12 20x24x10	300.00 \$	1		300.00 \$	CSD202410 dimension a valider!
power supply, fusible, borniers..	1 000.00 \$	1		1 000.00 \$	à sélectionner
SOUS TOTAL				14 500.00 \$	
CONTRÔLE ET SÉCURITÉ					
PLC terminal avec PV600	2 500.00 \$	1		2 500.00 \$	à sélectionner
interface avec servodrive?					
transfo, cartes, relais, borniers..	2 000.00 \$	1		2 000.00 \$	à sélectionner
photozell - recepteur	50.00 \$	3		150.00 \$	42EF-R9MPB-F4
photozell - émetteur	50.00 \$	3		150.00 \$	42EF-E1EZB-F4
interlock (avec butteuse)	300.00 \$	1		300.00 \$	à sélectionner
E-stop , interrupteur de portes..	500.00 \$	1		500.00 \$	à sélectionner
câblage et tubing pneumatique	500.00 \$	1		500.00 \$	
SOUS TOTAL				6 100.00 \$	
PIÈCES MÉCANIQUES					
Rail Iigus - élévateur	70.00 \$	16		1 120.00 \$	TS-01-1000mm Eq McMaster #9867K123
Patin Iigus - élévateur	51.00 \$	32		1 632.00 \$	TW-01-15 Eq McMaster #9867K2
timing belt - élévateur	40.00 \$	16		640.00 \$	HTD 5M15 open end 89" lg.
poulie d'entraînement - elevateur	45.00 \$	16		720.00 \$	HTD-5M-15-45 dents MPB type
poulie idler avec dents	17.00 \$	32		544.00 \$	HTD-5M-15-32 dents, bore 10mm
poulie idler sans dents	17.00 \$	16		272.00 \$	HTD-5M-15-50mm, bore 10mm
boulon épaulement 10mm	2.00 \$	48		96.00 \$	M8x1.25 x 10x20lg.
flange bearing - élévateur	40.00 \$	2		80.00 \$	1.25" diam. 4 trous
cylindre pneu. - Chute	120.00 \$	2		240.00 \$	SMC CP965DB50-100C
cylindre support pied - Chute	20.00 \$	2		40.00 \$	SMC DSS050
cylindre rod end - Chute	15.00 \$	2		30.00 \$	SMC GK M16-32
valve pneu - Chute	90.00 \$	1		90.00 \$	SMC SY7420-5DZ-C8-F2
réguateur de pression - Chute	30.00 \$	1		30.00 \$	SMC AR20-02-BE-B
flange bearing - ajustement chute	20.00 \$	6		120.00 \$	1" diam. 2 trous
sprocket - ajutement chute	15.00 \$	2		30.00 \$	40B11
manivelle - ajustement chute	18.00 \$	3		54.00 \$	McMaster #6473K77
bushing bronze - ajustement chute	6.00 \$	4		24.00 \$	1.25x1.688 x 0.75lg. McMaster #6338K596
bushing bronze - ajustement chute	2.00 \$	2		4.00 \$	0.5x0.625 x 0.75lg. McMaster #6338K419
ecrou ACME - ajustement chute	4.00 \$	4		16.00 \$	1-5 acme McMaster #94815A109
poignée ajustable - ajustement chute	7.00 \$	9		63.00 \$	femelle 3/8-16 McMaster #6305K17
Rail INA - pousseur	320.00 \$	2		640.00 \$	TKSD 20-820mm. Eq McMaster 6709K43
Patin INA - pousseur	128.00 \$	4		512.00 \$	KWSE-20-H Eq McMaster6709K14
timing belt - pousseur	120.00 \$	2		240.00 \$	HTD 8M30 open end 91" lg.
poulie d'entraînement - pousseur	51.00 \$	4		204.00 \$	HTD-8M-30-26 dents MPB type #6497K213
flange bearing - pousseur	40.00 \$	4		160.00 \$	1.25" diam. 4 trous
SOUS TOTAL				7 601.00 \$	
TOTAL AVANT TAXE				46 391.00 \$	
contingence, boulons, peinture et autres pièces (+15%)				6 958.65 \$	
taxes 15%				8 002.45 \$	
TOTAL				61 352.10 \$	