



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique et Electronique

Filière Génie industriel

Projet de Fin d'Etudes

Master : sécurité et sûreté de fonctionnement

## Etude, innovation et réalisation du système de continuité du film plastique termoretractable de la fardeleuse

par **Mohammed Si Ali**

Encadré par **Belarbi Boumediene** (MCA à l'université de Tlemcen)

Devant le jury composé de:

Président : **Hassam Ahmed** (MCB à l'université de Tlemcen)

Examineurs : **Mekamcha Khalid** (MAA à l'université de Tlemcen)

**Mkaddar Amine** (Ingénieur à l'université de Tlemcen)

Année Universitaire : 2015/2016

## Remerciements

*Avant d'entamer ce projet de fin d'étude, nous remercions d'abord ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la volonté pour accomplir ce modeste travail.*

*J'adresse tout d'abord toute ma gratitude et manifester ma très sincère reconnaissance à Monsieur Belarbi Boumediene de m'avoir encadrer dans ce sujet de mémoire, et de l'attention qu'il a porté à mon travail. J'ai découvert grâce à lui le monde de l'innovation dans les meilleures conditions. J'ai beaucoup apprécié les qualités pédagogiques dont nos enseignants ont fait preuve pendant tout mon cursus à l'université de Tlemcen malgré toutes les difficultés.*

*Je remercie chaleureusement, Monsieur le doyen du pôle universitaire de la technologie le professeur Chikh Amine, d'être le héros de cette année pour moi.*

*Je tiens à remercier Monsieur Zabchi Idir chef service au niveau de la S.B.O.A qui m'a fait l'honneur de m'aider à ce travail.*

*Aussi, les membres des jurys pour le temps et l'intérêt qu'ils voudront bien consacrer à l'évaluation de ce projet.*

*Mes sincères salutations s'adressent à toute ceux qui ont su supporter ma joie et ma peine, et*

*Qui ont su être la quand on en avait besoin.*

*Enfin un grand merci à ceux qui de proche ou de loin ont*

*Participé à l'accomplissement de ce travail.*

**Table des matières :**

Introduction générale.....	6
<b>Chapitre 1: présentation de la S.B.O.A et problématique</b>	
1) Introduction.....	8
1-1) Thématique.....	8
1-2) Présentation du procédé et historique.....	9
1-2-1) Présentation de la S.B.O.A.....	9
1-2-2) Présentation du Cermex.....	11
1-3) Etat de l'art.....	11
2) Etude économique.....	12
2-1) Fiche technique de la fardeleuse étudiée.....	13
2-2) Diagramme de la fonction « fardelage ».....	13
2-3) Principe de fonctionnement.....	15
a) Tapis d'alimentation produit et dispositif à lames de séparation (La 1 <sup>ière</sup> séparation).....	15
b) Séparation du produit (La 2 <sup>ème</sup> séparation).....	16
c) Formation paquet.....	17
d) Porte-bobine.....	19
e) Déroulement, coupe et transporte film.....	19
f) Enveloppement paquet.....	21
f-a) Film plastique thermo rétractable.....	24
f-b) Fiche technique du film plastique thermorétractable.....	24
f-c) Raccordement de bobine.....	25
g) Tunnel de rétraction.....	29
g-a) Choix des constituants électriques pour réaliser la fonction de rétraction du film.....	30
g-a-a) Choix du thermocouple.....	30
g-a-b) Choix des résistances de chauffe pour le four étudié dans le contexte industriel décrit.....	30
g-a-c) Choix du relais statique alimentant les résistances.....	31
g-b) Modélisation du four.....	33
3-1) Problématique.....	33
3-2) Justification de la quantité produite par une seule bobine du film.....	33
4) Etude économique de la fardeleuse.....	34
4-1) Schéma technique de la fardeleuse.....	34
5) Etat actuel de la machine et objective.....	35
Conclusion.....	35

**Chapitre 2: solution constructive (conception et réalisation)**

1) Introduction.....	37
2) Contexte de l'innovation.....	37
3) Conception (Dessin de définition).....	38
4) Conception par CATIA V5 R20 pour ce mécanisme innovant.....	38
5) Réalisation du mécanisme innovant (prototype en bois) à commande semi-automatique (par les boutons).....	40
6) Automatisation de la machine.....	42
6-1) L'organigramme algorithmique du fonctionnement de la partie automatique de l'appareil innovant.....	42
6-2) Utilisation d'Arduino.....	42
6-2-1) Introduction à la logique câblée.....	42
6-2-2) Intro - Câblée Vs Programmée.....	43
6-2-3) Intro - Ensemble microprocesseur et périphériques.....	43
6-2-4) Le Programme - Organisation générale.....	44
6-2-5) Le Programme - Exemples de compilateurs.....	45
6-2-6) Le Programme - Structure de base d'un programme en langage C.....	45
6-2-7) Le Programme - Explication du programme en langage C.....	46
6-2-8) Le microcontrôleur Arduino.....	47
a) Arduino: c'est quoi?.....	47
b) Le microcontrôleur Arduino.....	47
c) Arduino: la description.....	47
d) Arduino : les avantages.....	47
e) Arduino: la programmation.....	47
f) Arduino : Les entrées / sorties.....	47
g) Arduino: le hardware.....	48
6-3) Notre programme source sur Arduino.....	49
Conclusion.....	49

**Chapitre 3: résultats et conclusion**

1) Introduction.....	51
2) La machine après l'automatisation.....	51
3) Evaluation de la mission attendue.....	51
4) Les résultats par rapport à la productivité de la fardeleuse.....	52
Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53

**Figures :**

Figure 1: Fardeleuse étudiée .....	6
Figure 2: Définition du besoin.....	8
Figure 3: Schéma de processus du fardelage.....	10
Figure 4: Fardeleuse se trouvant à la S.B.O.A.....	10
Figure 5: La première fardeleuse en 1970.....	12
Figure 6: Image 3D d'un dessin illustratif.....	12
Figure 7: PET 2L acheminées vers les guides d'entrée de la fardeleuse.....	15
Figure 8: Les capteurs photocellules .....	15
Figure 9: La 1 <sup>ière</sup> séparation des bouteilles.....	16
Figure 10: La 2 <sup>ème</sup> séparation des bouteilles.....	16
Figure 11: Le groupe frein friction.....	17
Figure 12: Transport des bouteilles jusqu'à atteindre les guides coniques.....	17
Figure 13: L'appel du film termoretractable.....	18
Figure 14: Contrôle de la zone antérieure du produit bloqué par le groupe de séparation.....	18
Figure 15: Porte-bobine.....	19
Figure 16: Groupe de déroulement et coupe équipé.....	19
Figure 17: Les cylindres pneumatiques.....	20
Figure 18: L'ensemble de la motorisation du tapis convoyeur.....	21
Figure 19: Accouplement au film sur le convoyeur de transport.....	21
Figure 20: Avancement du film par rapport au produit.....	22
Figure 21: Avancement rapide du film par rapport au produit.....	22
Figure 22: Enveloppement paquet .....	23
Figure 23: Processus d'enveloppement paquet.....	23
Figure 24: Différents types de fardelage trouvés dans le marché.....	23
Figure 25: Le met de l'extrémité du film dans la barre de soudure.....	24
Figure 26: Appui sur la barre de soudure.....	26
Figure 27: Relâche de la barre de soudure.....	26
Figure 28: Remplacement de la bobine vide.....	27

Figure 29: Lancement de la machine.....	27
Figure 30: Tunnel de rétraction.....	28
Figure 31: Refroidissement des fardeaux.....	29
Figure 32:Schéma externe d'un relais statique.....	29
Figure 33: L'espace de l'étude.....	37
Figure 34: Dessin de définition du mécanisme innovant.....	38
Figure 35: Image descriptive des composants de l'appareil (vue de face).....	40
Figure 36: Image descriptive des composants de l'appareil (vue d'arrière).....	40
Figure 37: Image descriptive du cylindre de tirage film.....	41
Figure 38: Image descriptive pour l'endroit de soudure.....	41
Figure 39: Image descriptive de la partie commande.....	42
Figure 40: Images descriptives montrent les éléments ajoutés pour automatiser l'appareil..	51
Figure 41: PET 2L acheminées vers les guides d'entrée de la fardeleuse.....	52
<b>Tableaux :</b>	
Tableau 1:.....	13
Tableau 2:.....	30
Tableau 3:.....	34

## Introduction générale

Ce projet de fin d'étude marque la fin de notre formation du master. Il représente la possibilité de mettre en pratiques les connaissances acquises durant ces cinq années. Nos travaux de projet de fin d'étude menés au sein de la Société des Boissons Gazeuses de l'Ouest Algérien (S.B.O.A). Elle fabrique trois types des bouteilles en plastique et en verre. Cette société possède la plus grande importance dans la production de la limonaderie en Algérie.

Nous sommes intéressé en particulier de la ligne PET et plus spécifiquement orientés vers l'étude des systèmes mécaniques plus précisément sur la machine fardeleuse dont nous allons essayer d'améliorer et de minimiser les pertes de temps. Tel est le grand souci de toute entreprise qui conduirait à un arrêt et de là un manque à gagner.

Certains travaux de mémoire ont été présenté par différents étudiants mais cela était juste sur une étude théorique(simulation des flux de production de systèmes), pour identifier des aspects proposant des stratégies de pilotage adéquate. Elle nous apporte la connaissance du fonctionnement du système de production sur une période appropriée. Les informations sur ce système considéré, sont utiles pour prise de décision qui permet l'établissement des meilleurs politiques des objectifs de l'entreprise.

Le contenu de ce projet de fin d'étude a été structuré en trois parties et qui sont :

La première, par une présentation générale de la société avec le processus de fardelage qui englobe une analyse fonctionnelle, étude économique et mécanique de la machine fardeleuse (figure 1).



**Figure1** : Fardeleuse étudiée[10]

Nous allons ensuite exposer la problématique avec une étude économique de la fardeleuse. Alors, nous étudierons l'état actuel de la machine avec son rendement sur la productivité de la chaîne.

La deuxième partie, est consacré à la proposition d'une solution constructive innovante comme projet académique et proposition génie pour les constructeurs (modélisée par CATIA V5 R20).

Et la troisième partie, sera le recensement des résultats obtenus et des discussions sur les perspectives de recherche avec lesquelles nous clôturerons le contenu de ce projet.

# **Chapitre 1 :**

## Présentation du procédé de fardelage et problématique

## 1) Introduction

Ce chapitre est dédié principalement à la présentation générale de la société S.B.O.A dans laquelle se déroule notre recherche. Nous avons remarqué que cette entreprise souffre de plusieurs problèmes, notamment au niveau des machines. Notre intervention se présente par une résolution de l'un de ces problèmes, qui affecte beaucoup sur la production dans le but d'améliorer le rendement. Puis nous allons exposer la problématique avec une étude économique de la fardeleuse. Alors, nous étudierons l'état actuel de la machine avec son rendement sur la productivité de la chaîne.

### 1-1) Thématique

Actuellement, nous remarquons tous, que la demande de boissons gazeuses, de la part des consommateurs en général, prend de plus en plus de l'ampleur, et cela suivant une courbe exponentielle. Pour satisfaire les clients, ces produits sont enveloppés sous film plastique pour à la fois les protéger de l'endommagement d'emballage, faciliter leur transport, leur manutention ou encore leur stockage<sup>[1]</sup>. L'opération qui consiste à mettre le produit sous film s'appelle le « fardelage » et le système réalisant cette opération une fardeleuse<sup>[1]</sup>.



Ici, 6 bouteilles de boisson sont emballées sous film plastique par une fardeleuse<sup>[1]</sup>.

L'une des prestations attendues par une fardeleuse est décrite par le diagramme suivant<sup>[1]</sup>:

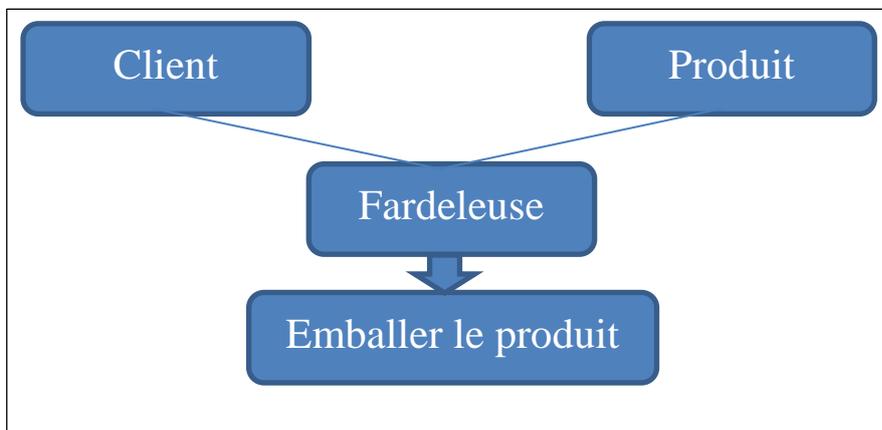


Figure 2:Définition du besoin

## 1-2) Présentation du procédé et historique

Le procédé de fardelage présente l'avantage de s'adapter à tous les formats et permet un emballage jusqu'à 6 faces[2]. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour réaliser l'opération de fardelage[2]. Nous avons pensé donc, à innover dans la chaîne de production de ce produit (boisson gazeuse). On a procédé par une étude sur les fardeuses de ce dernier, au niveau de la société des boissons de l'ouest algérien (S.B.O.A) → la suite est après la présentation de la S.B.O.A.

### 1-2-1) Présentation de la S.B.O.A[2]

En Algérie il existe trois franchises :

-Franchise Centre : Fruital ;

-Franchise Est :SBC « Skikda Bottling Corporation »(Filiale du Groupe Castel) ;

-Franchise Ouest :SBOA « Société des Boissons de l'Ouest Algérien

#### Présentation de la franchise Ouest Algérie

SBOA la Société des Boissons de l'Ouest Algérien fait partie de la franchise de Coca Cola en Algérie mais elle est aussi une filiale du groupe français « CASTEL » qui possède cinq sociétés à travers le territoire national, spécialisé dans le secteur de l'agroalimentaire plus précisément dans l'embouteillage et la commercialisation de boissons.

Prenant plus en plus connaissance avec la fabrique du bonheur d'Oran comme certain l'appel à travers ces dates marquantes. Avant l'arrivée de BGI c'était d'abord Fruital... et par la suite SBC le centre de distribution d'Oran a été ouvert en Mars 1999. Situé à la zone industrielle d'Essenia, ce centre et de part son rayonnement, son volume, sa logistique et son personnel est considéré comme le plus grand et le plus important à l'échelle national.

**Le 1<sup>er</sup> janvier 2001** :et suite à la décision de Coca Cola d'attribuer la franchise ouest à SBC (Skikda Bottling Corporation) ,le centre de distribution d'Oran a été officiellement repris par SBC. Sous SBC le centre a connu une dynamique d'extension et de développement très intéressante . A quelques semaines avant le rachat d'SBC par BGI, le centre de distribution d'Oran a été structuré comme suit :

-160 employés

-7 secteurs de distribution directe

-39 routes de distribution directe

-44 camions de livraison

**Octobre 2002** : le groupe Castel rachète SBC avec ses deux franchises est et ouest et donne naissance à la société des boissons de l'ouest Algérien (S.B.O.A)

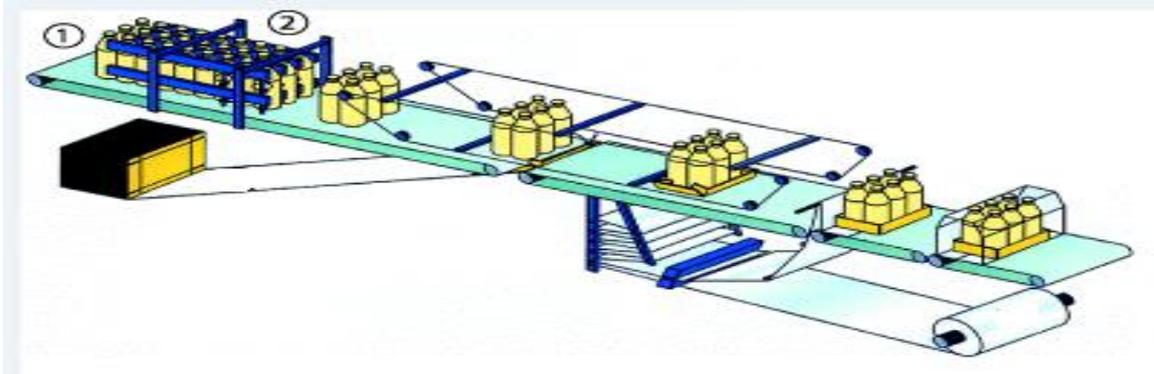
**Novembre 2002** : ouverture de l'usine de production de S.B.O.A sis à la zone industrielle de Oued Tlélat.

**31 décembre 2002** : fermeture du centre de distribution d'Oran , après avoir rapatrié toute la distribution à l'usine.

**Janvier en mai 2003** : maintien de la distribution directe essentiellement sur Oran et lancement de dépositaires sur les autres territoires.

**Juin 2003** : Arrêt de la distribution directe et reconversion des routes au système vendeurs indépendants (avec des contrats de location vente de camions)

La suite : La fardeleuse sert à déposer un film plastique thermo-rétractable puis à le chauffer pour qu'il épouse la forme du produit à emballer.



**Figure 3** : Schéma de processus de fardelage[3]



**Figure 4** : Fardeleuse se trouvant à la S.B.O.A [4]



## 1-2-2) Présentation du Cermex

Gebo Cermex est une entreprise spécialisée dans l'ingénierie de ligne<sup>[5]</sup> de conditionnement qui fabrique notamment des solutions d'encaissage ,de suremballage et de palettisation.

L'entreprise est basée en France et dispose de plus de sites commerciaux<sup>[6]</sup> et sites de fabrication dans toutes les régions principales du monde.

Gebo Cermex est une le résultat de l'union des deux marques : Gebo et Cermex deux acteurs de l'ingénierie de ligne de conditionnement sur divers secteurs du marché (boissons ,produits alimentaires ,produits pharmaceutiques ,etc).

## 1-3) Etat de l'art

Comme nous avons remarqué presque toutes les études d'amélioration sur la machine fardeluse sont faites par les fabricants, alors nous avons pris l'historique de l'entreprise Cermex comme repère dans notre état de l'art, cherchant à améliorer plus l'automatisation du changement de bobine du film plastique termoretractable au niveau de la fardeluse.

Les premières machines d'emballage se caractérisaient par des soudures et des barres de scellement<sup>[3]</sup>. Dès le début des années 1970, Gebo Cermex a développé et breveté des machines de fardage sans soudure, capables de produire tout type d'emballage primaire<sup>[3]</sup>. Ces équipements utilisent le tunnel de fardelage, optimisé au niveau de la circulation de l'air et de l'isolation afin d'obtenir une économie d'énergie de 30%<sup>[3]</sup>.

**1990** :Première machine de fardelage sans soudure (soudure du film enveloppant le produit)

**2002** :Lauréat de deux oscars de l'emballage : « Dual Injection System »(DIS) pour le changement de bobine automatique (Lisieux) et le robot d'encaissage en continu ER63 »(Corcelles)

**2010** :Oscar de l'emballage pour le système de regroupement produits ProSelex®

**2011** :Lancement de la première fardeluse VersaFilm® (celle utilisée dans la SBOA)

Alors en 2011 ils ont lancé la première fardeluse avec changement automatique, mais la méthode utilisée n'est pas assez robuste pour l'utilisation à haute cadence, la preuve c'est que d'après le témoignage du chef service; le mécanisme concernant (changement automatique) dans une machine du même modèle trouvée dans la SBOA est en panne (en arrêt). Maintenant la machine se fonctionne avec une seule bobine (changement manuelle), car d'après l'échéancier de la maintenance exhaustive faite sur la machine, ils ont vu que c'est pas la peine d'intervenir plus. L'arrêt de cette partie est une solution malgré eux.

Le faite qui nous a poussé à trouver une autre méthode innovante pour solutionner ce problème<sup>[8modifié]</sup>.



**Figure 5:** La première fardeluse en 1970.[3]

## 2) Etude économique<sup>[3]</sup>

Tous les secteurs industriels sont aujourd'hui soumis à une pression économique importante et à la concurrence internationale de la globalisation des marchés.

Pour répondre à cet état de fait, les entreprises sont contraintes d'innover et d'améliorer le cycle d'élaboration des produits ou processus depuis l'idée jusqu'à la mise sur le marché des produits.

Les demandes de clients ou du marché correspondent à de profonds changements et imposent aux entreprises de fournir un produit ou des services en respectant les exigences de « prix toujours plus faible, en proposant un choix varié, disponible et de bonne qualité ».

Les stratégies mises en place par les entreprises sont diverses et conduisent à des choix industriels répondant partiellement à ces exigences (délocalisation, fabrication de produits intermédiaires, transfert de technologie, automatisation de la production, nouveaux systèmes manufacturiers, développement de la logistique...).

Pour ce qui nous concerne, notre approche porte sur une des stratégies qui correspond au développement de systèmes de fabrication innovant pouvant répondre à ces exigences.

Depuis l'avènement de l'industrialisation, les ingénieurs ont développé des systèmes manufacturiers et cherché à augmenter leurs efficacités par le développement de la productivité puis de la flexibilité concomitamment à l'évolution de la gestion industrielle et à l'automatisation cherchant optimiser pour gagner du temps ;et qui dit gagner du temps dit gagner de l'argent. Les entreprises doivent être rapace pour optimiser tous leurs systèmes.



**Figure(6) :**Image 3D d'un dessin illustratif

Alors, l'évolutivité rapide des produits et de la concurrence ont conduit les entreprises industrielles à faire un pas supplémentaire en imaginant de nouveaux systèmes de fabrication pour assurer simultanément une haute productivité et une haute flexibilité avec une contrainte nouvelle de changements rapides de famille de pièces.

C'est émergence de la «reconfigurabilité» que nous pouvons dater du début des années 1990.

**2-1) Fiche technique de la fardeleuse étudiée**

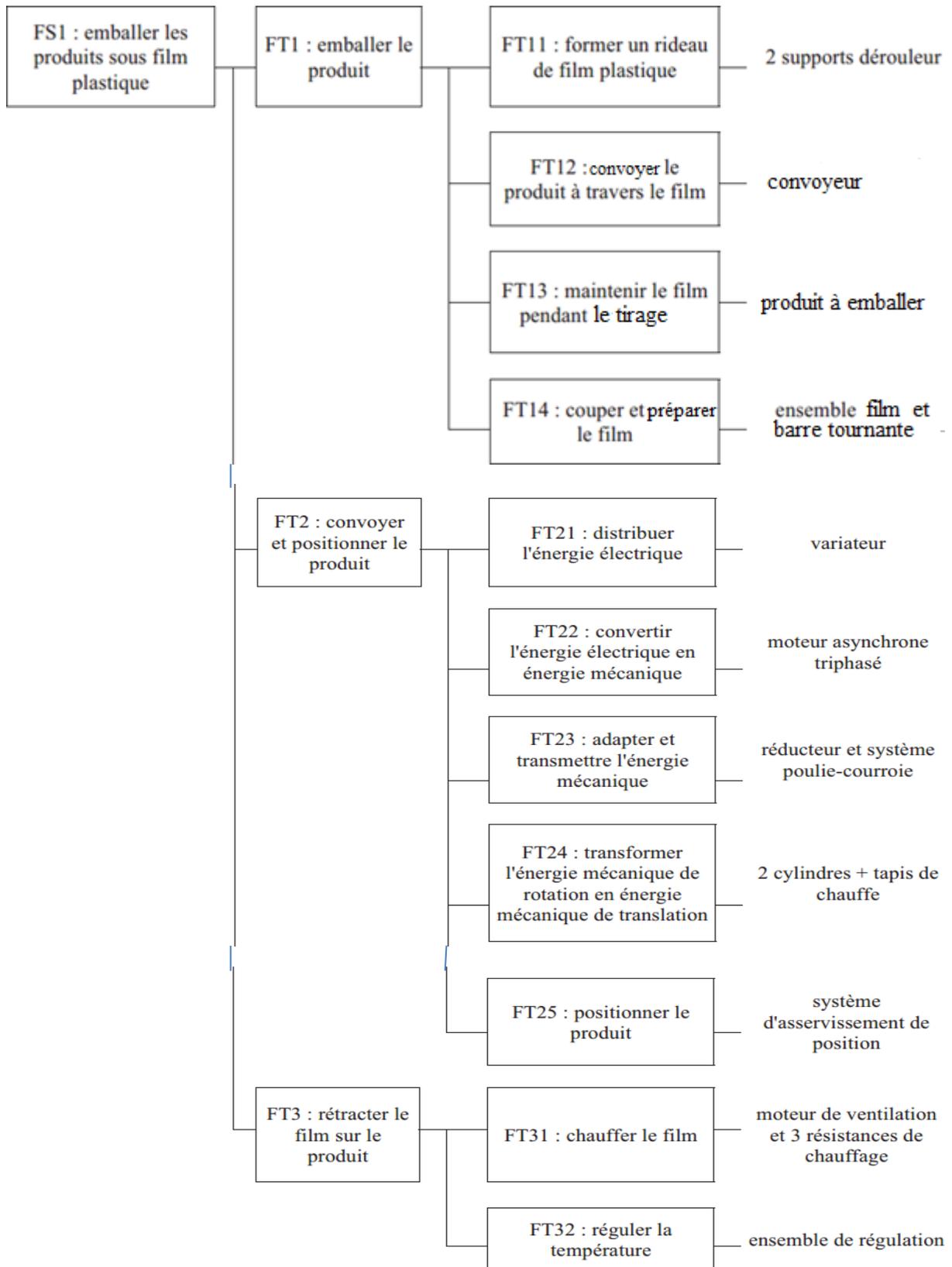
<i>Caractérisation partielle de la Fonction de Service (FSI) de la fardeleuse</i>			
<i>N°</i>	<i>Qualification</i>	<i>Critère</i>	<i>Valeur</i>
1	Permettre d'emballer les produits sous un film plastique	Cadence	900 produits/heure
		Défauts d'emballage	Aucun
<i>Caractérisation partielle des Eléments du Milieu Extérieur</i>			
<i>Nom</i>	<i>Critère</i>	<i>Valeur</i>	
Produits à emballer	Dimension	h * l * L = 333*200*300 en mm	
Film plastique thermo-rétractable	Température de rétraction	240°C – 260°C	
	Epaisseur	0.8 mm	
	Largeur	580 mm	
Energies disponibles	Tension	400 V-triphasé	
	Pression de l'air	6 bars	
La caractérisation des autres fonctions de service n'est pas utilisée			

**Tableau 1 :**Extrait de la fiche technique fonctionnelle de la fardeleuse

Un système en amont (non étudié ici) permet d'acheminer le produit à fardeler. Le comportement séquentiel de la fardeleuse est décrit dans la partie ci-après. On considère que la régulation de température du four ne sera pas prise en compte.

**2-2) Diagramme de la fonction « fardelage »**

Le système de fardelage peut être décomposé en 3 sous-ensembles : le sous-ensemble emballage réalisant la fonction technique FT1, le sous-ensemble tapis de chauffe réalisant la fonction technique FT2 et le sous-ensemble four réalisant la fonction technique FT3[2].



## 2-3) Principe de fonctionnement[3]

### a) Tapis d'alimentation produit et dispositif à lames de séparation (La 1<sup>ière</sup> séparation) :

Les produits, rangées sur le tapis convoyeur, avancent et sont acheminés vers les guides d'entrée voir figure 7.



**Figure 7 :** PET 2L acheminées vers les guides d'entrée de la fardeleuse.[7]

Quelques capteurs photocellules ont le but de détecter le changement du produit sur le tapis pour en régler le flux.

Ces senseurs et photocellules règlent l'accumulation du produit en alimentation et le démarrage/arrêt de la séparation.

Une photocellule détecte, en combinaison avec les bandes la présence éventuelle de produits renversés et envoie le signal de validation pour commander le démarrage/arrêt du séparateur de la machine voir figure 8.



**Figure 8 :** Les capteurs photocellules.[7]

Le dispositif à lames de séparations actionné par le cylindre a la fonction d'interrompre la pression des produits et d'en faciliter l'acheminement dans les guides canalisés jusqu'à la séparation, ce dernier consiste à séparer les bouteilles en trois rangés voir figure 9.



**Figure 9 :** La 1<sup>ère</sup> séparation des bouteilles.[7]

**b) Séparation du produit (La 2<sup>ème</sup> séparation) :**

C'est un deuxième système de séparation qui est intégré d'un ensemble mécanique composé de quatre bras supérieurs, chaque bras comporte 6 doigts pour séparer les bouteilles en fardeaux voir figure 10.



**Figure 10 :** La 2<sup>ème</sup> séparation des bouteilles.[7]

Le dispositif de séparation a le but de séparer un nombre déterminé de produits ayant une forme cylindrique ou similaire. Ce dispositif équipé de dents placées à une distance angulaire permettant la séparation des produits nécessaires à la composition du format.

Le mouvement continu du dispositif de séparation est garanti par la présence du produit sur le tapis d'alimentation.

Si l'absence du produit est détectée, le groupe frein friction intervient pour décrocher l'arbre de commande des étoiles voir figure 11.



**Figure 11** : Le groupe frein friction.[7]

L'arrêt du groupe de séparation a lieu à une phase déterminée de manière que les rangées de produit qui sont en train d'être séparées continuent à avancer alors que les rangées qui sont en train d'arriver sont bloquées par les dents du dispositif de séparation ; cette condition persiste jusqu'à ce que le dispositif de contrôle qui se trouve dans le tapis ne détecte de nouveau la présence du produit.

### c) Formation paquet :

Dès que les produits sont lâchés par le dispositif de séparation, la traverse des chaînes de transport fait de contraste aux produits qui viennent d'être séparés et qui sont ensuite transportés entre les guides par les convoyeurs ensuite la traverse en avançant à une vitesse supérieure aux produits atteint ceux qui ont été séparés précédemment pour les transporter jusqu'à atteindre les guides coniques voir figure 12.



**Figure 12** : Transport des bouteilles jusqu'à atteindre les guides coniques.[7]

Dans cette zone, les produits poussés par la traverse à travers les guides coniques où ils sont compactés, de façon que le fardeau atteint la zone d'enveloppement, dans la zone des guides coniques, une photocellule détecte, la présence du produit pour l'appel du film voir figure 13.



**Figure 13 :** L'appel du film termoretractable.[7]

Le groupe des traverses de transport supérieur est équipé d'un système de sécurité qui se compose de la photocellule.

Cette photocellule contrôle la zone antérieure du produit bloqué par le groupe de séparation ; si la présence même d'un seul produit est détectée, peu avant l'arrivée de la traverse de transfert, la photocellule commande l'arrêt d'urgence de la machine voir figure 14.



**Figure 14 :** Contrôle de la zone antérieure du produit bloqué par le groupe de séparation[7]

Une garantie ultérieure est donnée par le capteur dont le but est de détecter le contact éventuel de la traverse avec la partie supérieure du produit. Cela actionne le limiteur de couple qui est détecté par le capteur avec conséquent arrêt d'urgence de la machine.

**d) Porte-bobine :**

Le groupe porte-bobine film se compose de deux mandrins à commande pneumatique dans lesquels il faut introduire les bobines, du fer à souder à utiliser pour le cachetage de la bobine (manuel) et du système de blocage des bobines qui se compose par les cylindres pneumatiques un pour chaque bobine voir figure 15.



**Figure 15 :** Porte-bobine.[7]

Le sélecteur commande l'actionnement pneumatique des mandrins porte-bobine droite et gauche<sup>4</sup>.

Sur le groupe porte-bobine est présent le voyant qui a les fonctions suivantes :

- Clignote à basse fréquence quand la bobine est épuisée.
- Clignote à haute fréquence quand on effectue la soudure de la bobine.
- Il est éteint quand la soudure est terminée et en conditions normales de marche.

**e) Déroulement, coupe et transporte film :**

Ce groupe se compose d'un système de cumul du film formé par un rouleau flottant, par un groupe de déroulement et coupe équipé de deux rouleaux dérouleurs, de la lame de coupe et par le tapis convoyeur.

Le groupe de déroulement, coupe et transfert film sert à dérouler la quantité de film nécessaire à l'enveloppement du produit voir figure 16.



**Figure 16 :** Groupe de déroulement et coupe équipé.[4]

Le rouleau flottant dégage ou engage le capteur qui commande le blocage/déblocage de la bobine par les cylindres pneumatiques pour obtenir une tension adéquate suffisante et constante du film voir figure 17.



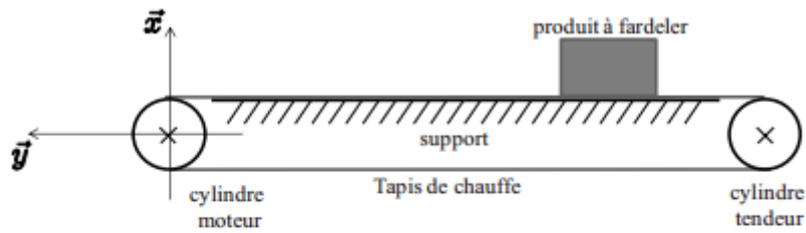
**Figure 17 :** Les cylindres pneumatiques.[7]

Le cycle de déroulement, coupe et transfert film ne démarre que si la présence du paquet a été détectée.

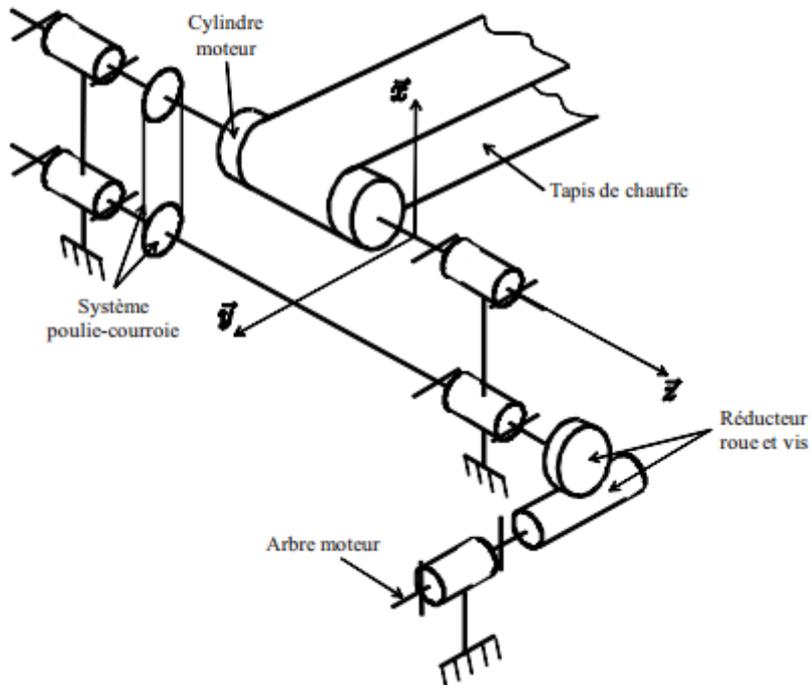
Dans le panneau de commande de l'opérateur par le système de contrôle CN50, il est possible de commander un cycle de déroulement et établir la quantité en millimètres du film nécessaire pour l'enveloppement du fardeau sans apporter modifications mécaniques.

La motorisation de ce groupe est dégagée de la motorisation principale de la machine, elle est contrôlée par un variateur de vitesse et par un encodeur en façon de permettre l'insertion du film à la même vitesse du produit.

L'ensemble de la motorisation permettant de déplacer le produit à fardeler est représenté sur la figure 18 suivante[1].



*. Ensemble cylindres, tapis et produit à déplacer*



*. Ensemble moto-réducteur entraînant le cylindre moteur du tapis*

**Figure 18 :** L'ensemble de la motorisation du tapis convoyeur.[1]

**f) Enveloppement paquet :**

A l'intérieur de ce groupe l'enveloppement du produit est accompli.

Les produits qui sont en train d'arriver sur le tapis précédent s'accouplent inférieurement au film sur le convoyeur de transport voir figure 19.

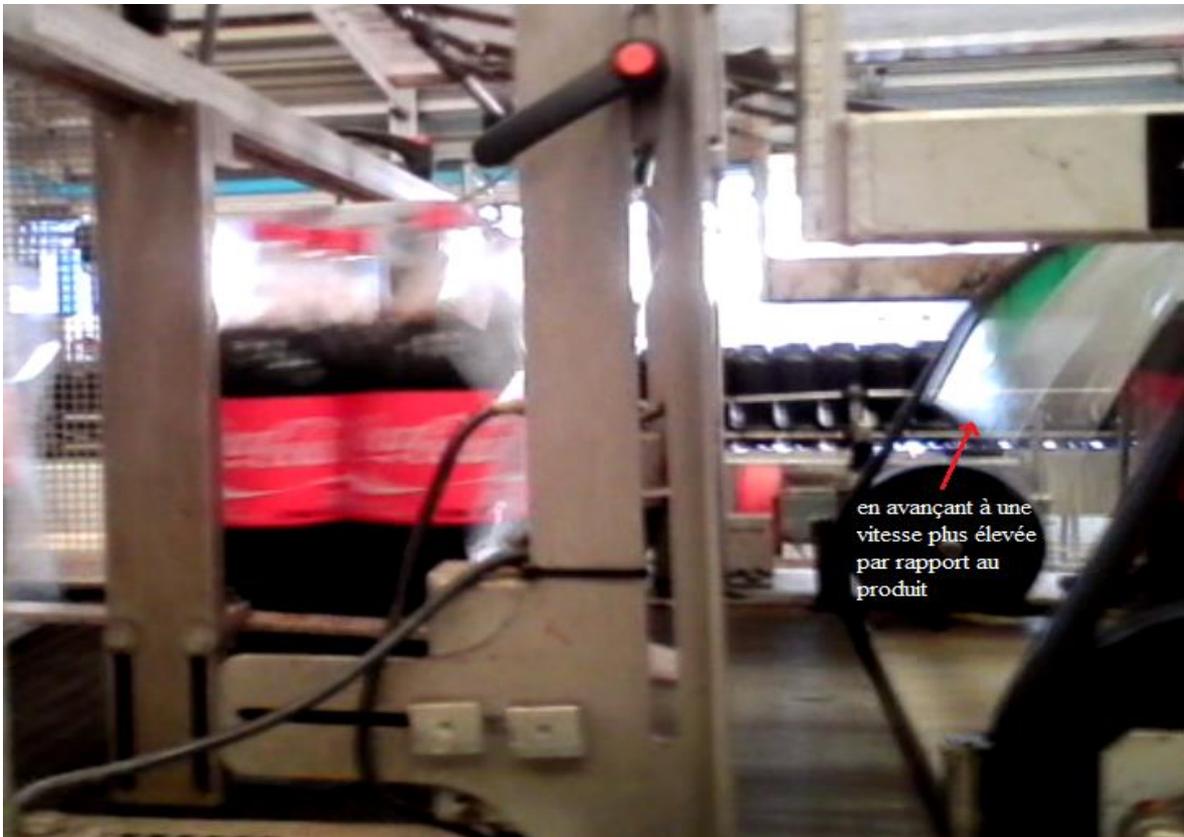


**Figure19 :** Accouplement au film sur le convoyeur de transport.[7]

La traverse d'enveloppement en montant du côté postérieur du produit, prélève le film libre et, en avançant à une vitesse plus élevée par rapport au produit, occasionne son enveloppement voir les deux figures 20 et 21.



**Figure 20 :** Avancement du film par rapport au produit.[7]

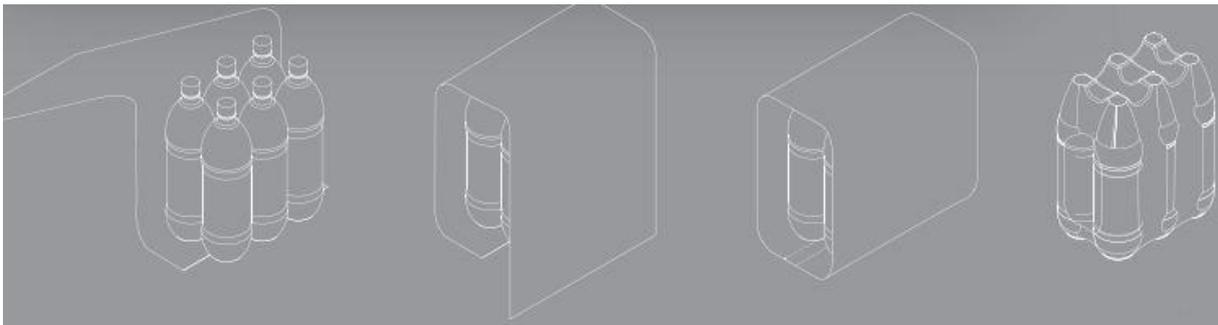


**Figure 21:** Avancement rapide du film par rapport au produit.[7]

La traverse disparaît antérieurement en laissant une portion de film libre qui se superposera inférieurement pendant l'avancement du produit sur le tapis de transport pour continuer ensuite sur le tapis du tunnel de rétraction voir figure 22.



**Figure 22:** Enveloppement paquet.[7]



**Figure 23:** Processus d'enveloppement paquet.[15]

Dans le groupe d'enveloppement on trouve plusieurs dispositifs de contrôle et sûreté qui garantissent un enveloppement du produit correcte et sûre.

Le groupe d'enveloppement est équipé d'un système de sécurité constitué par le capteur et le limiteur du couple.

Le capteur a le but de détecter le contact éventuel de la traverse d'enveloppement avec la partie supérieure du produit.

Dans ce cas le limiteur de couple s'actionne et il va dégager le capteur avec conséquence d'arrêt d'urgence de la machine.

Longueur du film pour 1L : 900mm

Longueur du film pour 2L : 1150mm

**f-a) Film plastique thermo rétractable[8]****caractéristiques :**

-Film polyéthylène basse densité (PEBD)  
(radiculaire ou linéaire) non perforé

-Imprimé repéré ou neutre (translucide)

-Epaisseur : de 40 à 80 microns mètre.

-Film recyclé ou biodégradable

-Diamètre maxi des bobines : 450 mm

**avantages :**

-Solution économique

-Haute résistance aux variations hygrométriques

-Inviolabilité

-Emballage de transport ou PAV (Prêt à Vendre)

-Transport et stockage faciles



**Figure 24 :** Différents types de fardelage trouvés dans le marché.[8]

**f-b) Fiche technique du film plastique thermorétractable[4]****Largeur maximale de la bobine**

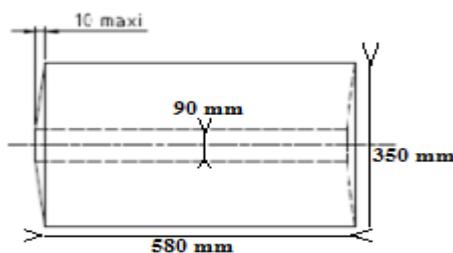
Sur TSF : (1piste) 580 mm avec une tolérance +/- 3mm

**Diamètre bobine :**

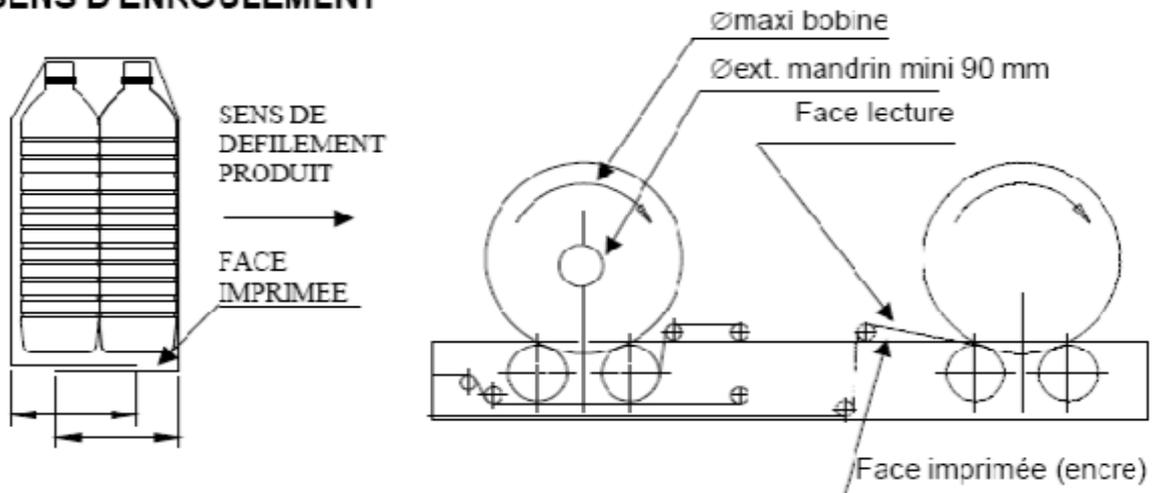
Sur TSF :maxi 350 mm

**Diamètre mandrin extérieur mini :**

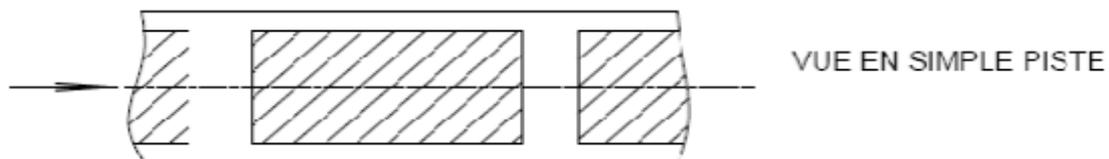
90mm(pour suportage par les rouleaux de prédétitage)



## SENS D'ENROULEMENT



## SENS DE DEFILEMENT DU FILM



### f-c) Raccordement de bobine[4modifié]

D'après le manuel opératoire ;il est conseillé afin de gagner du temps ,installer une nouvelle bobine dès que la bobine pleine est en service (c'est pas suffisant).

### Raccordement du film[4modifié]

Lorsque la machine s'arrête (perte du temps) :

- Tourner à la main le rouleau de la bobine en cours a fin de détendre le film.
- Mettre l'extrémité du film de la bobine pleine dans la barre de soudure-risque mécanique-(illustration1)
- Couper le film de la bobine vide-risque mécanique lié au coupure-(illustration 2)
- Mettre l'extrémité du film dans la barre de soudure (illustration 3)



**Figure 25:** Le met de l'extrémité du film dans la barre de soudure .[7]

- Appuyer sur la barre de soudure (illustration 4) puis tirer sur l'extrémité du film.



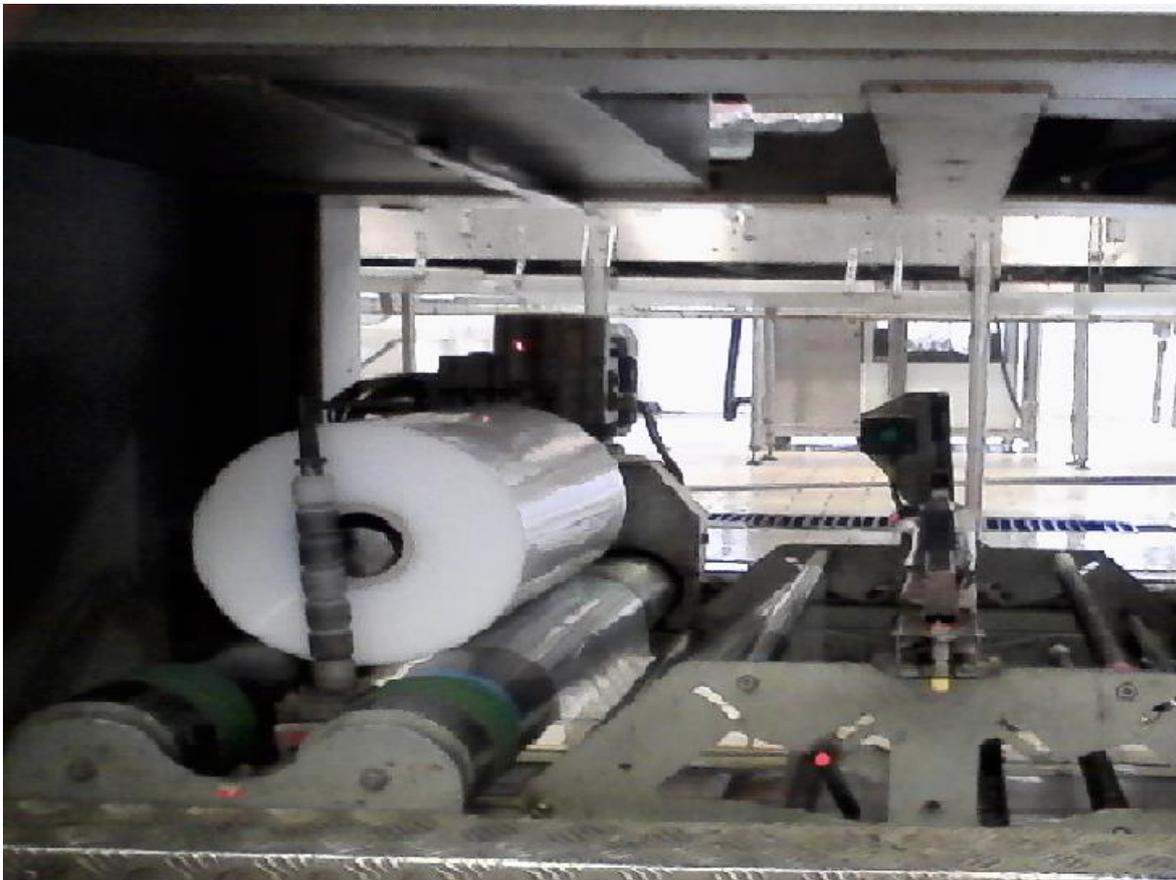
**Figure 26:** Appui sur la barre de soudure.[7]

- Relâcher la barre de soudure-risque mécanique : brûlure-(illustration 5)

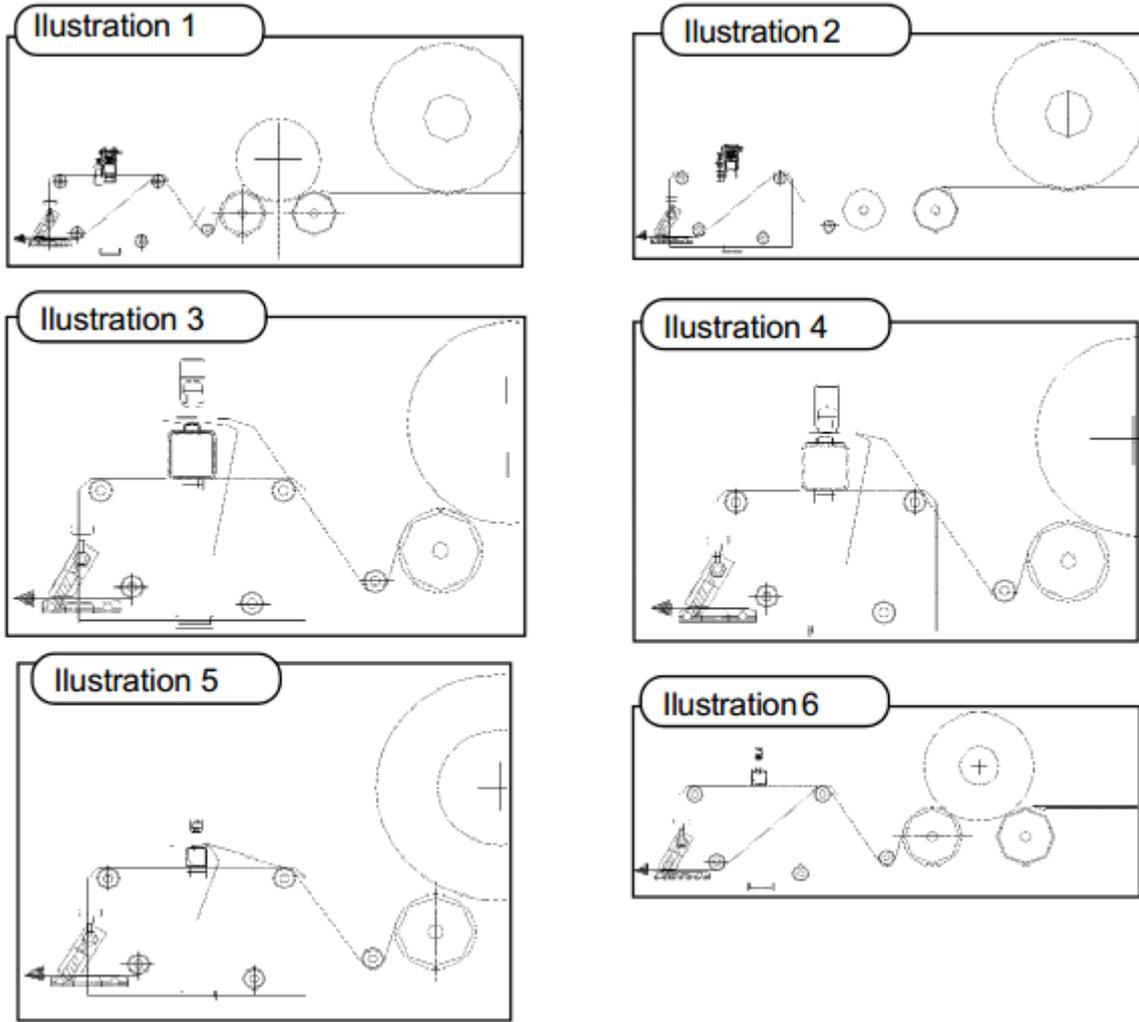


**Figure 27:** Relâche de la barre de soudure.[7]

- Redémarrer la machine.
- Remplacer la bobine vide (illustration 6)



**Figure 28:** Remplacement de la bobine vide.[7]



[4]

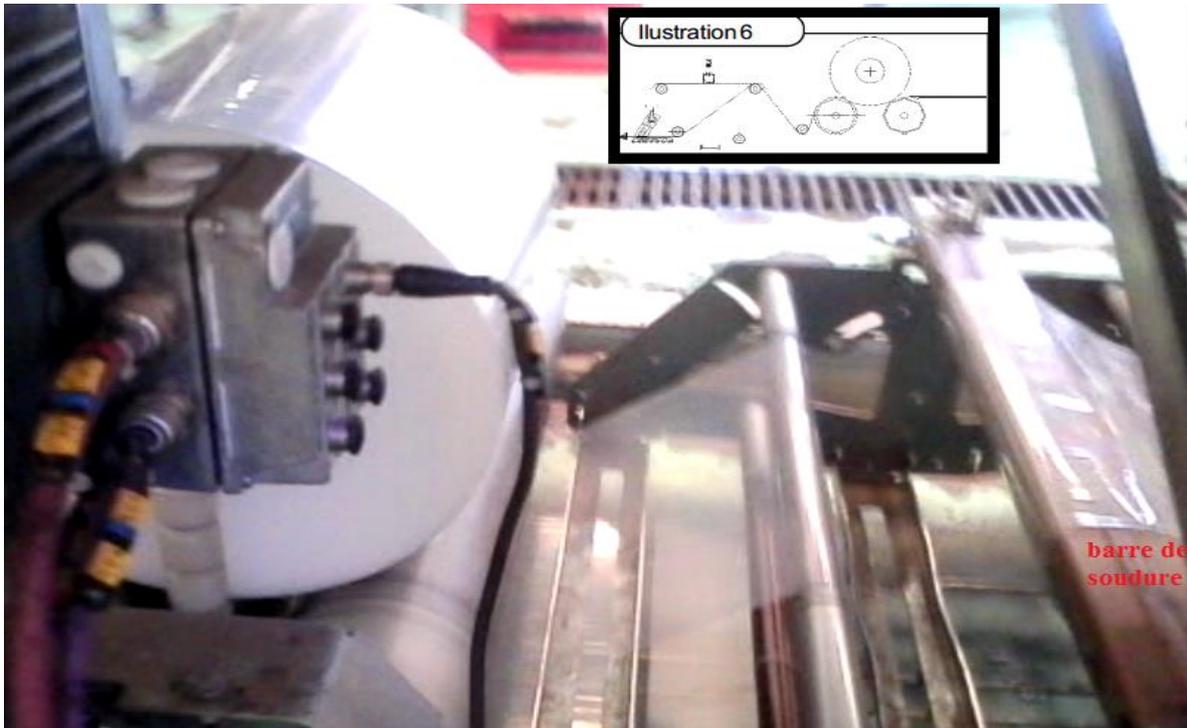


Figure 29: Lancement de la machine.[7]

### g) Tunnel de rétraction

Le tunnel de rétraction à air chaude se compose d'un tapis métallique, des résistances de chauffage alimentées par l'intermédiaire d'un relais statique triphasé à trains d'ondes entières. Ce relais statique est commandé par un signal venant de l'API plus deux ventilateurs (turbines) pour disperser la chaleur et rétracter le film sur le produit, relié d'un ensemble de régulation de température (240°C – 260°C) voir figure 24.



**Figure 30:** Tunnel de rétraction.[7]

La température est mesurée par un thermocouple qui transmet l'information au module d'entrée (analogique-numérique) dédié de l'API.

Le volume du four est  $V_{\text{four}}=0,2 \text{ m}^3$ , sa surface d'échange avec l'air est  $S_{\text{four}}=2,2 \text{ m}^2$ .

Le réseau d'alimentation triphasé est de 230 V/400 V (50 Hz).

Le cycle de conditionnement s'achève dans cette partie de la machine. Le produit, complètement enveloppé par le film thermo rétractable, entre dans le tunnel où un jet d'air surchauffé à l'aide de résistance, ayant une température établie, et deux ventilateurs, occasionnent la rétraction du film. A la sortie du tunnel le produit enveloppé par le film est refroidit par un flux d'air convoyé par un ventilateur inférieur et un supérieur voir les deux figures 25.



**Figure 31:** Refroidissement des fardeaux.[4 et 15]

**g-a) Choix des constituants électriques pour réaliser la fonction de rétraction du film****g-a-a) Choix du thermocouple**

Il existe différents types de thermocouples dont les caractéristiques principales sont décrites dans le tableau 2 suivant[1] :

Type	Gamme de températures mesurées	Précision	Sensibilité pour 0,1 °C
T	-200 °C à 350 °C	±1 °C	4,1 μV
J	-40 °C à 750 °C	±2,5 °C	5,2 μV
E	-200 °C à 900 °C	±2,5 °C	6,1 μV
K	-200 °C à 1000 °C	±2,5 °C	4,0 μV

Le type de thermocouple vis-à-vis les valeurs des critères à atteindre par le système de régulation est le type J.

**g-a-b) Choix des résistances de chauffe pour le four étudié dans le contexte industriel décrit[1]**

Le choix des résistances se fait à partir du calcul de la puissance nécessaire pour chauffer une masse d'air, d'une température initiale  $\theta_i$  à une température finale  $\theta_f$ . La quantité d'énergie  $dW(j)$  nécessaire s'exprime par la relation suivante:

$$dW = m \cdot C_p \cdot d\theta$$

Avec  $m$  : masse (kg),  $C_p$  : chaleur spécifique ( $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ ),  $\theta$  : température ( $^\circ C$ ).

Pour une enceinte close, les constructeurs appliquent habituellement un coefficient de sécurité de 1,2 et fournissent la formule suivante pour calculer la puissance nécessaire pour chauffer un gaz :

$$P = \frac{m \cdot C_p \cdot (\theta_f - \theta_i) \cdot 1,2}{\Delta t}$$

Avec  $P$  : puissance (W),  $\theta_f$  : température finale ( $^\circ C$ ),  $\theta_i$  : température initiale ( $^\circ C$ ),  $\Delta t$  : temps de montée en température (s), coefficient de sécurité de 1,2.

Dans notre étude, il est préconisé un coefficient de sécurité minimum de 5.

On prendra pour l'air : Masse volumique :  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  et  $C_p = 1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$ .

On prend la température de l'aire à l'intérieur du four à l'état initial =  $18^\circ C$  (la température de chambre) qu'on doit l'augmenter à un temps de montée en température = 10 min = 600 s pour atteindre  $240^\circ C$  au minimum et  $260^\circ C$  au maximum.

- **Application numérique :**  $P = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot (260 - 18) \cdot 5}{600} = 2420 \text{ W}$  est la puissance maximale nécessaire pour chauffer le four de la fardeleuse.

$P = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot (240 - 18) \cdot 5}{600} = 2220 \text{ W}$  est la puissance minimale nécessaire pour chauffer le four de la fardeleuse.

Les 3 résistances de chauffe R sont couplées en triangle. Pour une meilleure répartition de la chaleur dans le four, vaut mieux choisir de prendre des résistances d'une longueur de 200 mm d'après leur code constructeur.

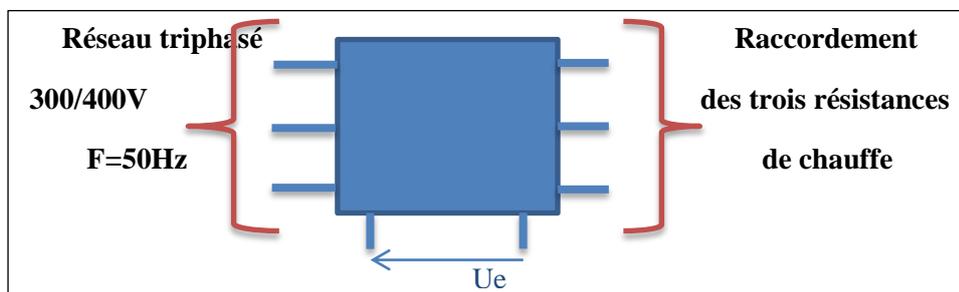
### g-a-c) Choix du relais statique alimentant les résistances

#### ➤ Constitution d'un relais statique[9]

Le contacteur statique est composé d'un assemblage de composants électroniques, en particulier des semi-conducteurs. Comme un relais électromécanique, il dispose au minimum, d'une paire de connexions pour la commande, et d'une ou plusieurs paires de pôles pour la puissance. Pour la partie commande, on utilise généralement un opto-coupleur permettant d'assurer, comme son équivalent électromécanique, une isolation galvanique entre le circuit de commande et le circuit de puissance, tout en ne nécessitant qu'un courant de seulement quelques dizaines de milliampères.

#### Avantages et inconvénients[9]

- Sa durée de vie/fiabilité de plus de vingt-cinq mille heures.
- Son avantage principal est l'absence d'usure mécanique et un fonctionnement pratiquement silencieux.
- Un autre avantage du contacteur statique, est sa fréquence élevée de commutation, celle-ci prend sa mesure dans beaucoup d'applications comme la régulation tout ou rien d'un four à résistances électriques.
- Un de ses principaux inconvénients est le coût de fabrication nettement supérieur aux contacteurs électromécaniques. Cette différence de coût s'estompe avec les progrès faits en électronique de puissance.
- Un autre de ses principaux inconvénients est qu'en cas de fort courant et destruction de l'élément semi-conducteur (flashage), soit le contact reste ouvert (parfois), soit seul un faible courant passe encore (rare), soit un court-circuit apparaît vers la commande (rare), soit le contact reste fermé (souvent).
- Autre inconvénient : les systèmes électroniques ont des résistances internes non nulles, qui provoquent des pertes par effet Joule lors du passage du courant. Ces pertes sont généralement plus élevées que celles des contacteurs électromécaniques. La présence de dissipateurs thermiques, ainsi que de dispositifs de convection forcée (pour les appareils de forte puissance) nécessaires à l'évacuation de ces pertes, conduisent la plupart du temps à des encombrements supérieurs.
- Autre inconvénient : on ne peut pas réaliser un contact normalement fermé avec un contacteur statique. Cela interdit son utilisation dans les applications qui requièrent la fermeture du contact en l'absence de tension.

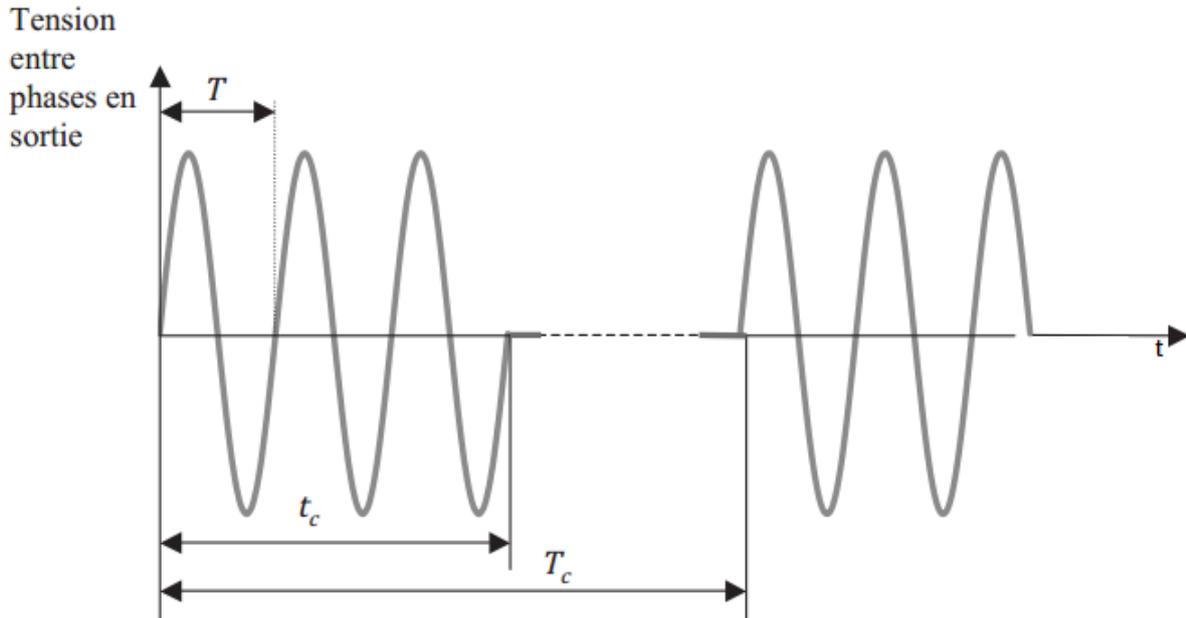


**Figure 32:** Schéma externe d'un relais statique.[1]

Un tel composant va permettre de faire varier la puissance fournie au four entre 0 et  $P_{max}$ [1].

Il est constitué d'interrupteurs commandés qui, quand ils sont fermés, assurent la liaison électrique entre le réseau et les résistances de chauffe[1].

La tension obtenue entre phases en sortie a la forme suivante[1]:



Les interrupteurs sont fermés pendant la durée  $t_c$ .

$t_c$  est un multiple de la période  $T$  du réseau triphasé.

$t_c = N.T$  avec  $N$  entier,  $N \leq 125$

$T_c$  est la période du signal de commande des interrupteurs telle que  $T_c = 125.T$

l'API peut délivrer une tension continue  $U_e$  grâce à laquelle le relais statique règle la valeur de  $t_c$  et telle que  $U_e = k.t_c$ . [1]

On désire que le relais statique déclenche lors du passage par zéro de la tension aux bornes des interrupteurs.

**Proposition[10]:** Les fluctuations étant sinusoïdales, il est clair qu'en moyenne,  $U_e(t)$  est aussi souvent positive que négative.

Nous en déduisons un premier résultat important :

La valeur moyenne de cette tension pour  $N.T$  est nulle  $moy[U_e(t)] = 0$

Par contre, si nous élevons cette tension  $U_e$  au carré avant de prendre la valeur moyenne, le résultat ne sera plus nul. Nous en déduisons que :

La valeur efficace de cette tension n'est pas nulle  $U_e = \sqrt{moy\{[U_e(t)]^2\}} \neq 0$

C'est de cette façon que fonctionne le voltmètre RMS et donc qu'on pourra affecter cette caractéristique dans le relais pour garantir de ne pas passer à zéro.

**Détection de passage à zéro[9]:** De nombreux relais statiques sont munis d'un dispositif de détection du passage à zéro (Zero-Crossing ou X-crossing). Ce dispositif permet de déclencher la commutation de la puissance au moment du passage à zéro de la tension, ce qui réduit considérablement les pollutions électriques et électromagnétiques quand la charge commutée est résistive. Ce dispositif est, au contraire, néfaste lorsque la charge commutée est, par exemple, le primaire d'un transformateur, où l'instant idéal de la commutation est, dans ce cas, au maximum de la tension.

Ce type de modulateur ne peut être utilisé pour la commande d'un moteur ou d'un système d'éclairage ,il convient parfaitement à un système de chauffage comme dans notre cas.

### **g-b) Modélisation du four[1modifié]**

Modèle de connaissance:

L'énergie à fournir au four va servir :

- d'une part à chauffer la masse d'air, la quantité d'énergie (J) nécessaire est alors :

$$dW=m.C_p.d\theta$$

-d'autre part à compenser les pertes dans les parois.

On suppose que le four est constitué de deux types de parois, une métallique et une plastique (rideau du four). Pour chaque type de paroi, on définit une résistance thermique :  $R_{th1}$  pour le métal et  $R_{th2}$  pour le plastique.

$$P_i(t) = \frac{\theta(t) - \theta_a(t)}{R_{thi}}$$

Les pertes (W) dans chaque paroi s'expriment par l'équation suivante :  $\theta_a(t)$  la température ambiante à l'extérieur du four.

Parmi les causes de perturbations de température qui justifient une régulation continue dans ce système ;c'est l'entrée et la sortie des produits (froids venants de la soutireuse) dans le four supposant isolé.

### **3-1) Problématique**

D'après l'étude économique de la ligne PET on constate que la ligne peut produire jusqu'à 5400 bouteilles par heure (900fardeaux) mais réellement on ne peut pas arriver à le faire car la production dépend de la machine fardeleuse, par exemple si la fardeleuse sorte 612 bouteilles (102 fardeaux de 6 bouteilles) donc on est obligé d'arrêter (bloquer) la chaine plus tôt la machine fardeleuse pour changer la bobine du film d'emballage et produire que 612 bouteilles. La fardeleuse est en train d'handicaper la ligne PET.

### **3-2) Justification de la quantité produite par une seule bobine du film**

- Calcul de la surface de la piste du film pour envelopper un seul fardeau :

$$S_p = 580 * 1100 = 638000 \text{ mm}^2 = 0,638 \text{ m}^2$$

- Calcul du volume de la piste du film pour envelopper un seul fardeau :

$$V_p = 638000 * 0.8 = 510400 \text{ mm}^3 = 0.0005104 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume de la bobine du film TSF :

$$V_b = 580 * \{[(350/2)^2 * \pi] - [(90/2)^2 * \pi]\} = 52086320 \text{ mm}^3 = 0.05208632 \text{ m}^3$$

- Calcul de nombre des fardeaux (quantité produite) avec une seule bobine :

$$Q = V_b / V_p = 102 \text{ fardeaux}$$

- Calcul à quel instant se fait le changement de bobine (dans un cas idéal avec une cadence de 900 produits/heure):

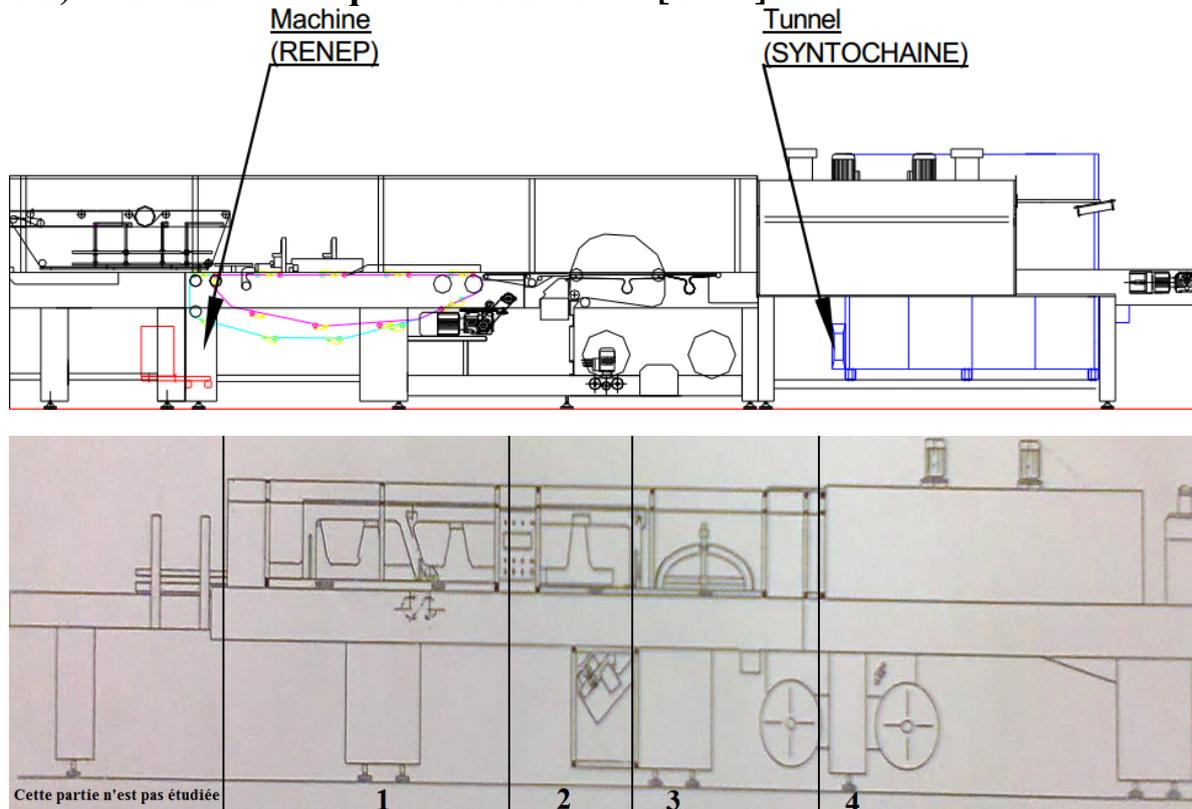
$$t = 102/900 \approx 0.1134 \text{ h} \approx 7 \text{ min}$$

- L’opérateur arrête la machine environ 6 min pour changer les deux bobines équivalent de produire 90 fardeaux, donc il finit à 13 min ± 1 min
- Sachant qu’il travaille 8 h = 480 min par jour, donc le nombre d’arrêts par jour=480/13 ≈36 et la quantité produite C = (60\*8\*102)/13= **3672** produits/jour.

#### 4) Etude économique de la fardeleuse

Afin de savoir où se situe le problème dans la fardeleuse on a fait une étude plus détaillée cela veut dire appliquer un chronométrage pour toutes les parties fonctionnelles de la fardeleuse.

##### 4-1) Schéma technique de la fardeleuse[4 et 3]



Le tableau 3 qui représente le temps opératoires pour chaque partie :

partie	1	2	3	4
T.O (secondes)	3,3	6,7	7,5	9,6

D’après le tableau le temps de traitement des bouteilles dans la première partie est le plus petit (3,3s) car dans cette étape les bouteilles seront rangées en 3 colonnes en fonction de la vitesse du tapis roulant. par contre dans la deuxième partie où il y a le regroupement des bouteilles en fardeaux (mécanisme des doigts) le temps opératoire est très élevés (6,7s) malgré que la distance est petite.

Dans la troisième partie qu’on va améliorer, il y a l’enveloppement des fardeaux en 7,5s, ce temps varie car il est relatif à la vitesse du tapis roulant.

Dans la dernière partie il y'a le tunnel qui aménage une certaine température pour chauffer et rétracter le film sur le produit, cette dernière prend un temps opératoire très élevé (9,6s) car la vitesse est très petite pour traverser la distance au niveau du four. Cela veut dire que le déplacement des bouteilles sera trop long.

### **5) Etat actuel de la machine et objective**

- Avec une durée de 27 secondes pour fardeler un fardeau comme dans le cas à la S.B.O.A, la cadence de la fardeleuse est de 900 produits/heure et 102 fardeaux/bobine sans prendre en compte les pannes ou un autre temps d'intervention.
- Ici, nous sommes devant une problématique qui présente une optimisation du temps alloué à la production des fardeaux dans le but d'augmenter la cadence.
- Notre objective donc est d'améliorer l'automatisation du changement de bobine de telle sorte que la fardeleuse ne soit pas arrêtée par l'intégration du mécanisme innovant que nous allons réaliser et qui va largement accélérer l'opération de changement d'une manière quasi-parfaite fournissant une petite énergie en plus au lieu d'affecter l'être humain pour cette mission (risque d'oubli et faire les fautes) ;c'est un coût en plus qu'on ne veut pas le payer. Il faut donc, faire une démonstration à travers les résultats obtenus de la simulation par un prototype en intégrant le mécanisme cité avant.

### **Conclusion**

Nous avons fait l'analyse fonctionnelle sur la machine fardeleuse, que nous avons besoin pour avoir une connaissance préliminaire sur le contexte où nous voulons travailler. Notre mission donc, est extraire les données nécessaires de cette étude pour étudier l'état actuel de la machine avec son rendement sur la productivité de la chaîne. Il apparaît motivant de travailler sur l'amélioration technique de la fardeleuse.

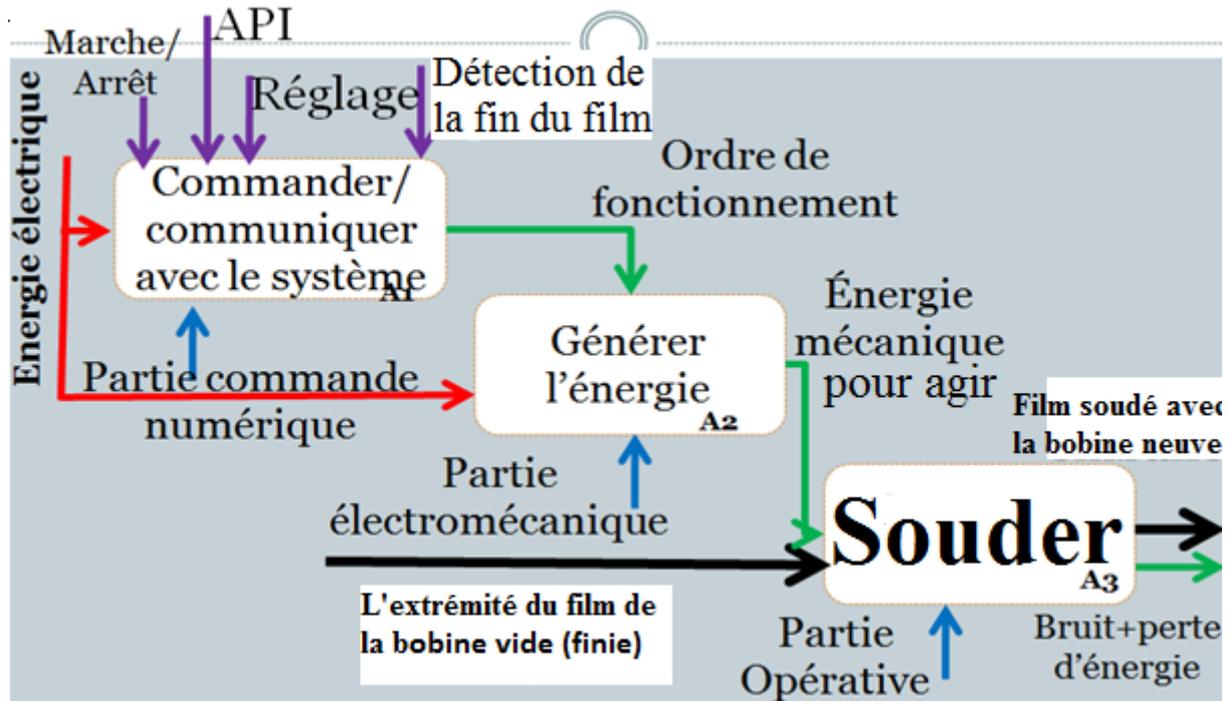
# **Chapitre2 :**

## Solution constructive (conception et réalisation)

### 1) Introduction

Ce chapitre est consacré à la proposition d'une solution constructive innovante (n'ai pas faite déjà comme projet académique et proposition génie pour les constructeurs) modélisée par CATIA V5 R20.

Et voilà un actigramme qui donne une idée sur le fonctionnement du système innovant:



### 2) Contexte de l'innovation

C'est comme il est montré dans la figures 32 suivante :

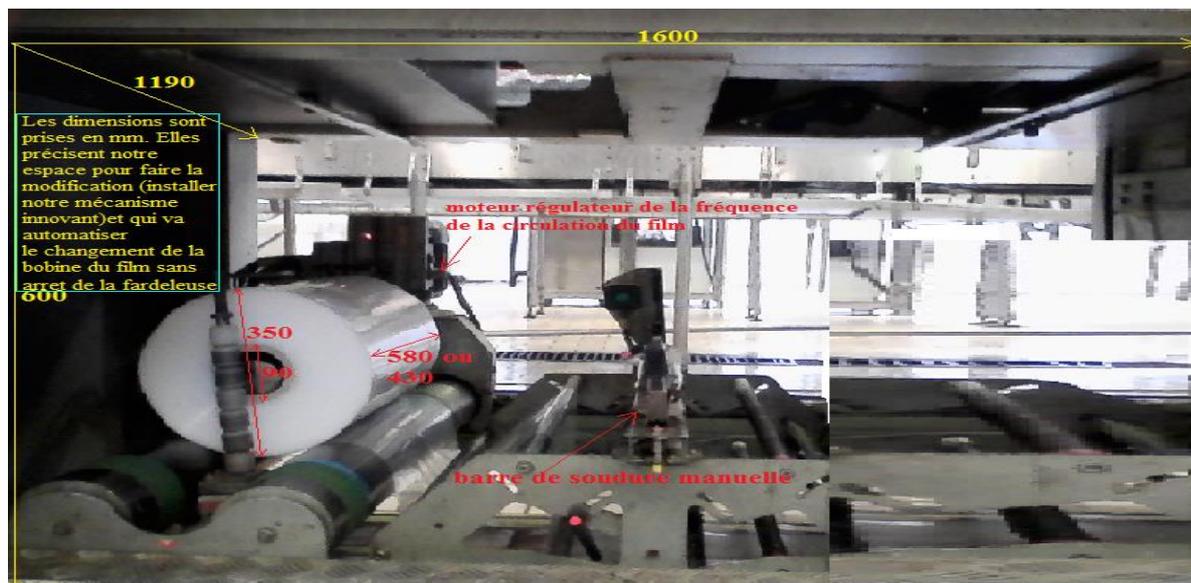


Figure 33: L'espace de l'étude. [7]

D'après la figure ci-dessus, nous avons remarqué un espace volumique de  $11424.10^5 \text{ mm}^3$  qui est suffisant pour l'intégration de notre mécanisme innovant. Et ceci, par ajout d'un autre support de bobine et automatisation de la barre de soudure. De telle sorte que lorsque la

première bobine va se vider, l'extrémité du film passe sous la barre de soudure, dont un vérin presseur la déplace en mouvement vertical rapide (G00). Lorsque cette dernière arrive au point de tangence avec la partie en question, il y a un ralentissement de la vitesse pour le deuxième déplacement (G01), qui exercera une pression pour souder ces deux extrémités, qui seront entraînés vers le fardelage. Ensuite, il y'a retour de cette barre à sa position initiale (G00). Et le même processus revient à chaque nouveau changement de bobine, par asservissement automatique. Ce dernier alerte l'opérateur pour le changement et la préparation de la nouvelle extrémité de bobine sous ou sur le film en circulation et ceci avec un temps largement suffisant.

### 3) Conception (Dessin de définition)

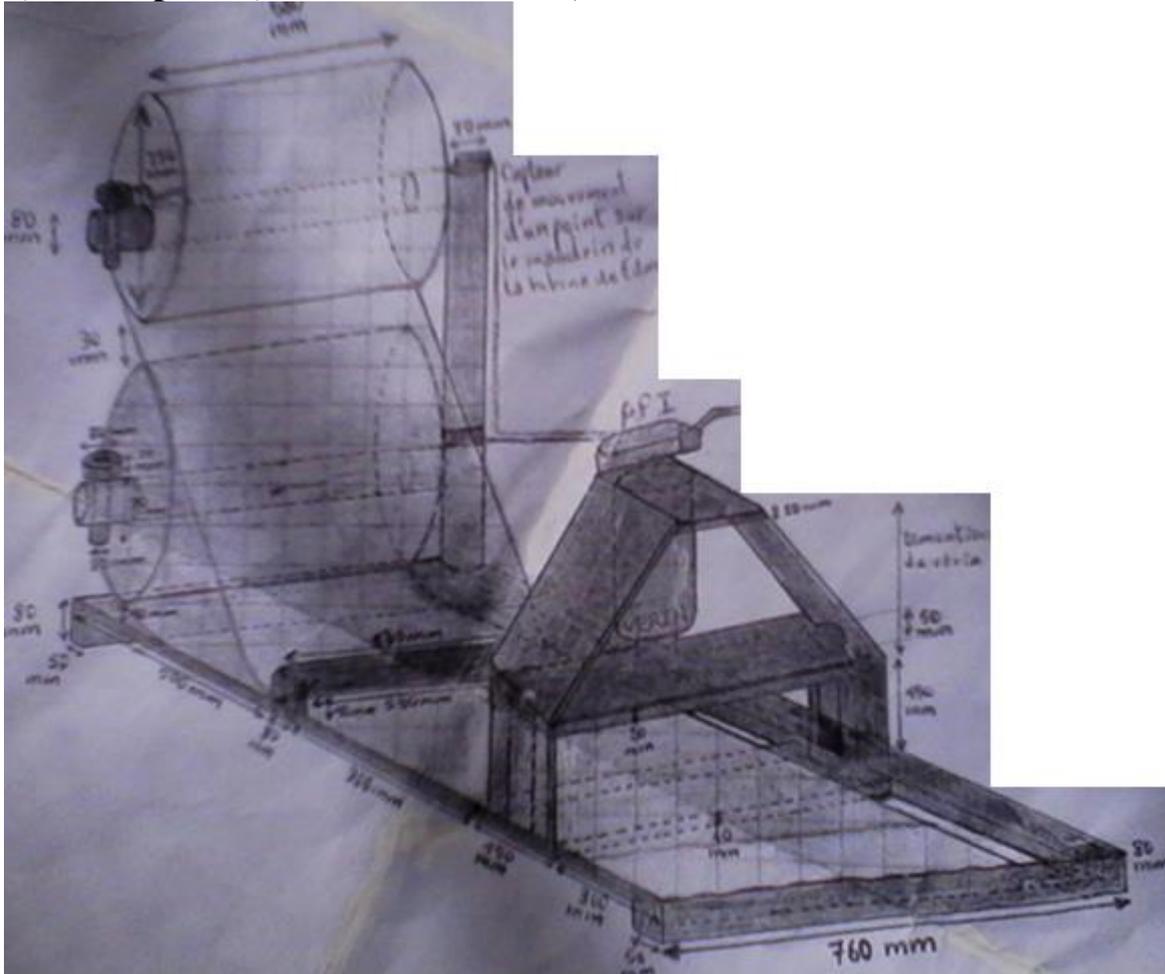
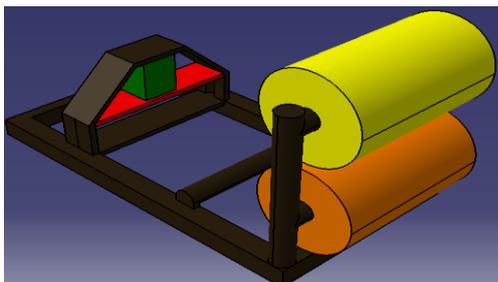


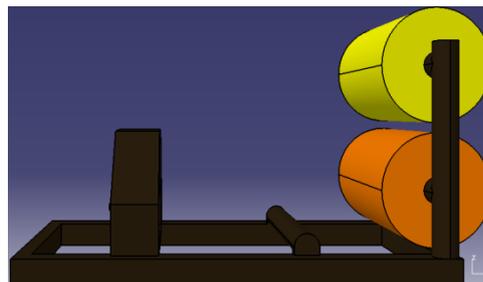
Figure 34 : Dessin de définition du mécanisme innovant. [11]

### 4) Conception par CATIA V5 R20 pour ce mécanisme innovant [12]

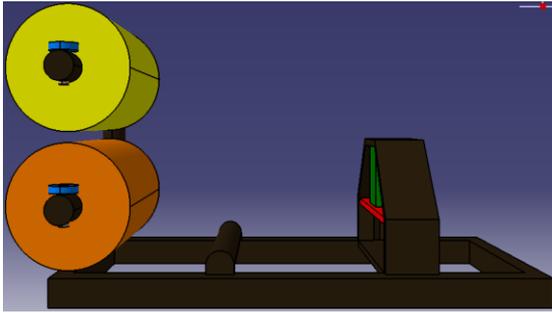
Vue principale :



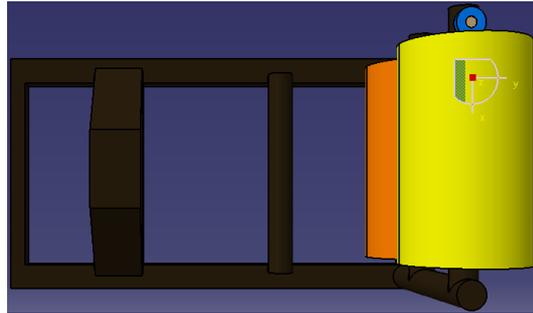
Vue de face :



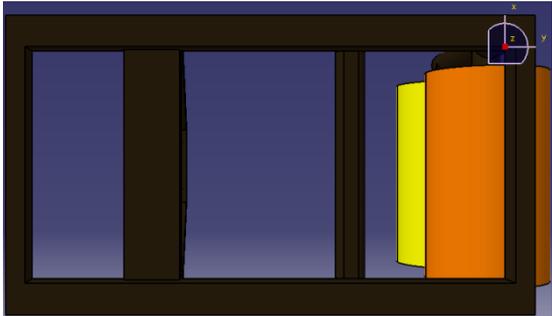
**Vue d'arrière :**



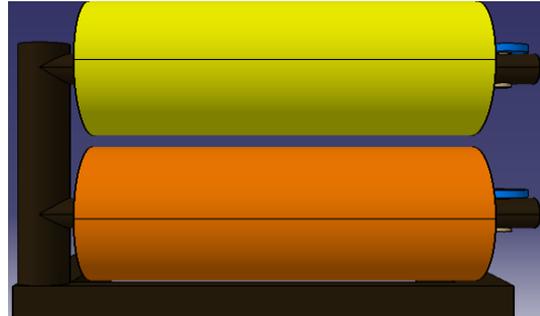
**Vue de dessus :**



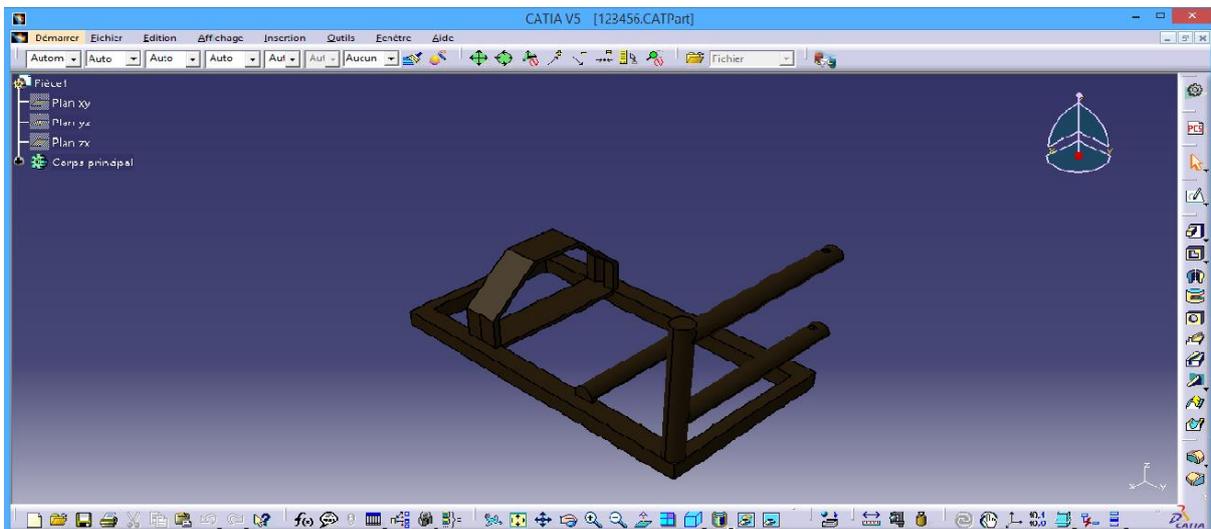
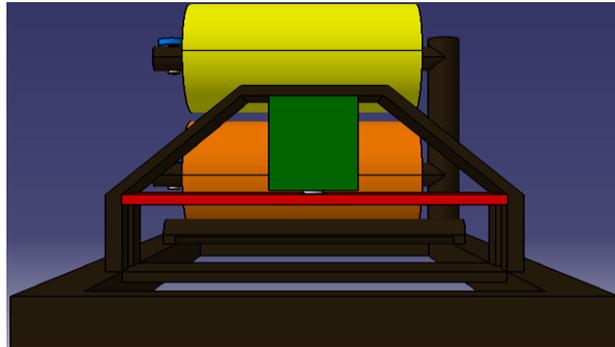
**Vue de dessous :**



**Vue de droite :**



**Vue de gauche :**



## 5) Réalisation du mécanisme innovant (prototype en bois) à commande semi-automatique (par les boutons)

L'illustration est mentionnée par les figures suivantes :



Figure 35 : Image descriptive des composants de l'appareil (vue de face). [13]



Figure 36 : Image descriptive des composants de l'appareil (vue de l'arrière). [13]



Figure 37 : Image descriptive du cylindre de tirage film. [13]

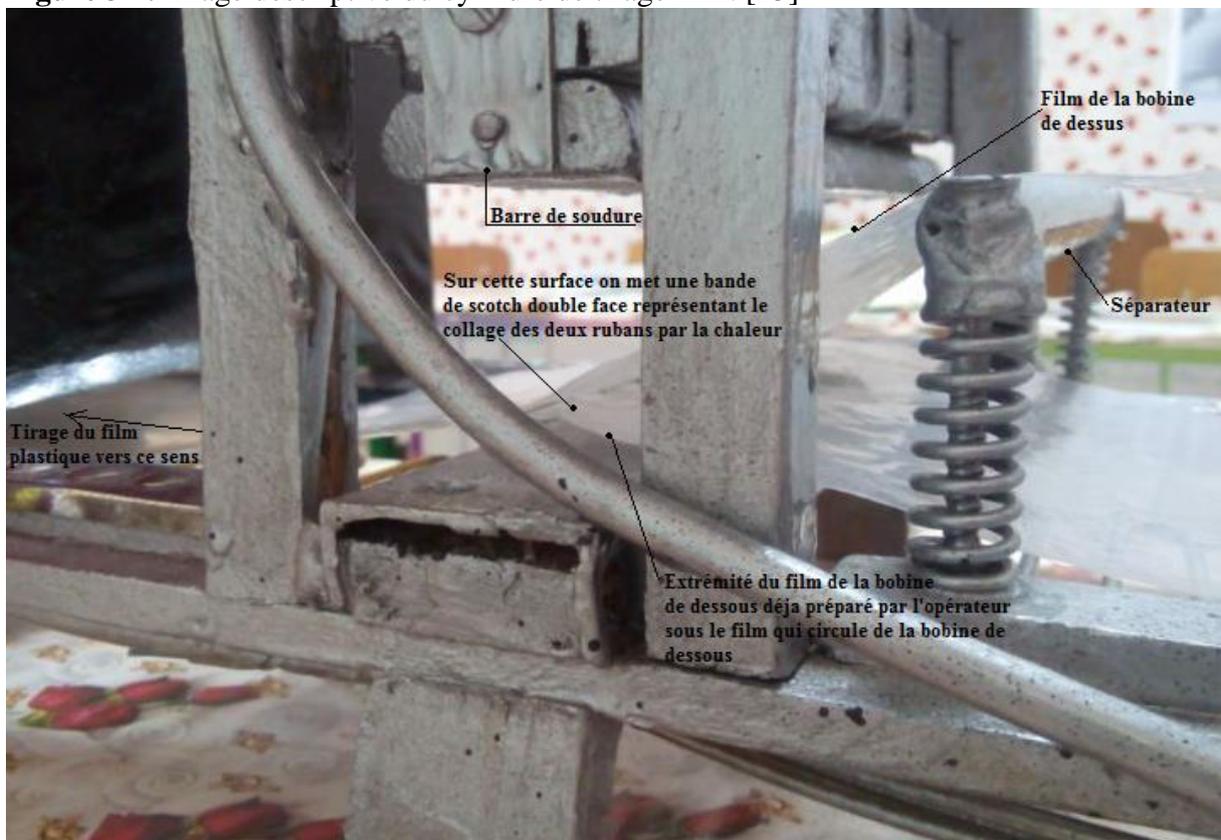


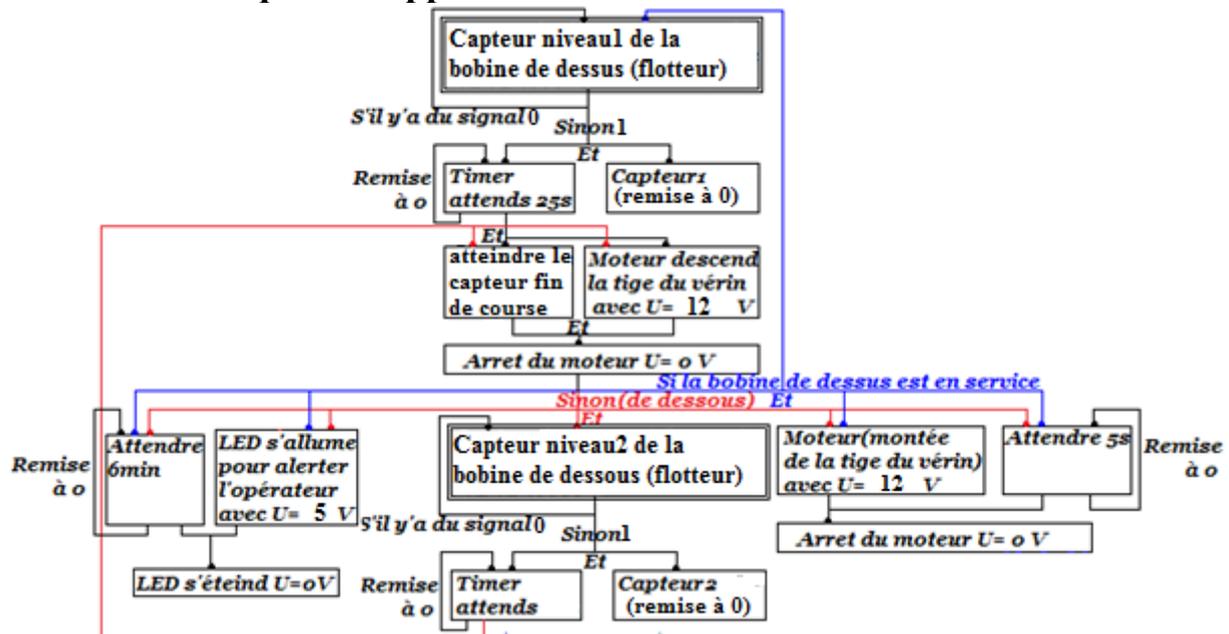
Figure 38 : Image descriptive pour l'endroit de soudure. [13]



Figure 39 : Image descriptive de la partie commande. [13]

## 6) Automatisation de la machine

### 6-1) L'organigramme algorithmique du fonctionnement de la partie automatique de l'appareil innovant

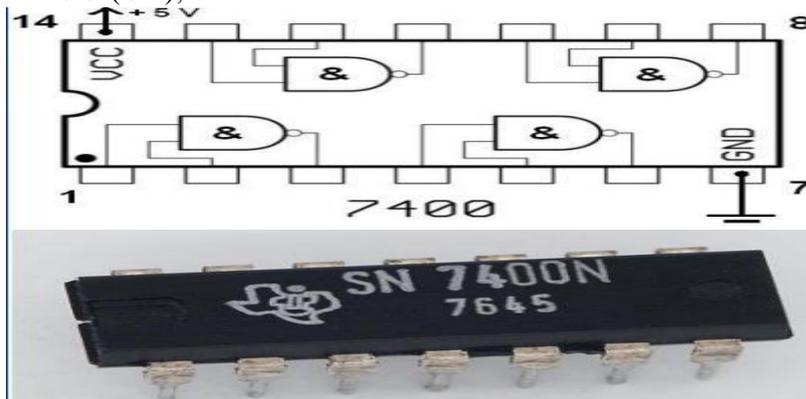


### 6-2) Utilisation d'Arduino [14]

#### 6-2-1) Introduction à la logique câblée

- VRAI, FAUX
- NON, OUI
- ET (AND),

- NON-ET (NAND),
- OU (OR),



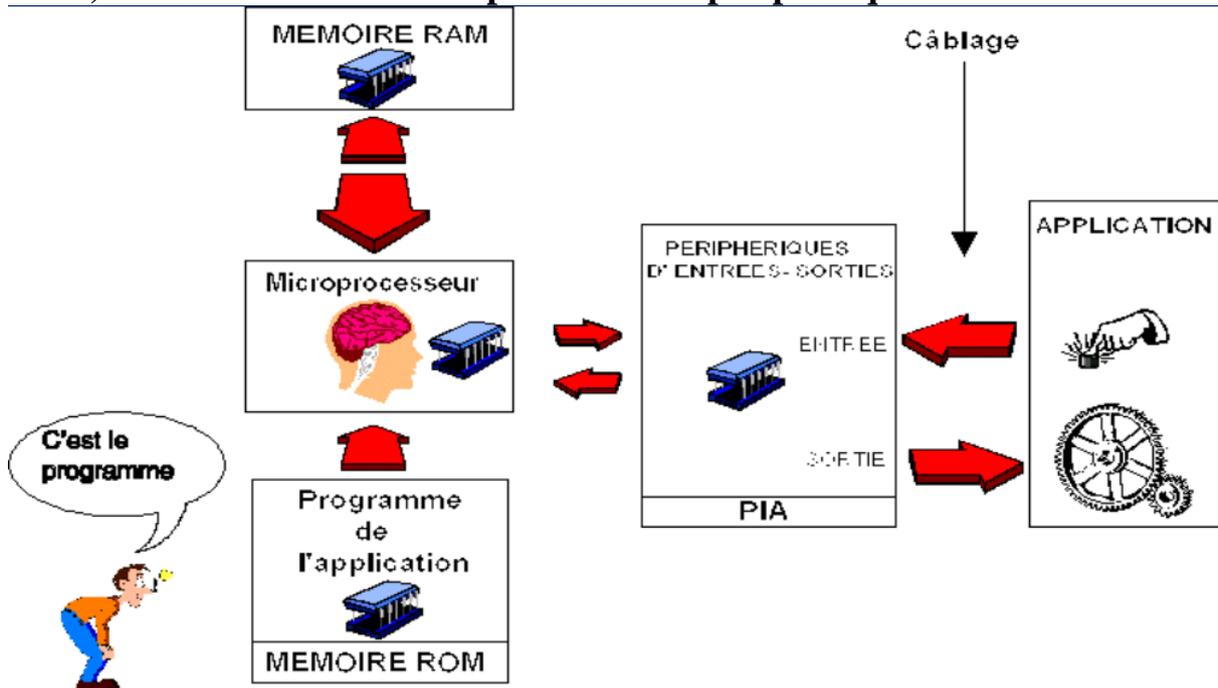
Deux familles:

- microprocesseur
- microcontrôleur

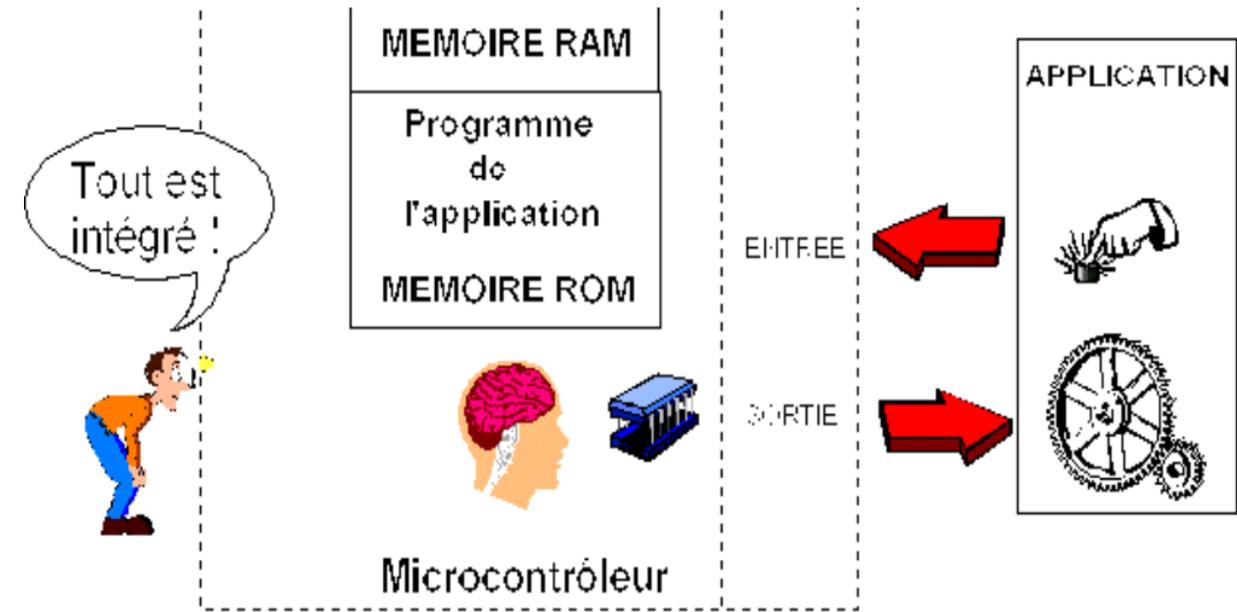
### 6-2-2) Intro - Câblée Vs Programmée

La logique programmée offre un énorme avantage sur la logique câblée: On change le fonctionnement d'un système par simple modification du programme.

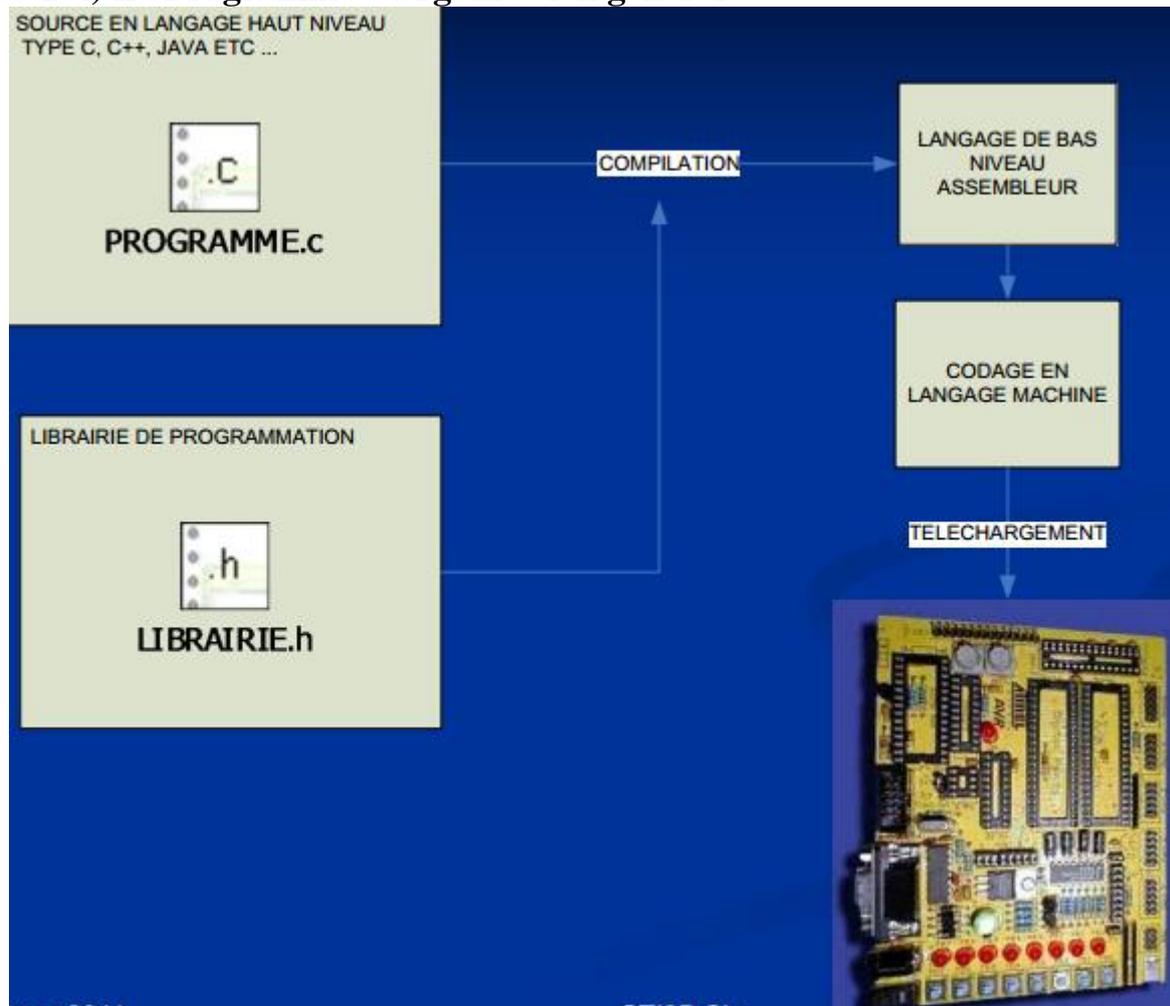
### 6-2-3) Intro - Ensemble microprocesseur et périphériques



Avec un microcontrôleur tout est intégré



### 6-2-4) Le Programme - Organisation générale



- Fichiers Sources (.c) **PROGRAMME.c** sont des simples fichiers textes



- Fichiers Headers (.h) **LIBRAIRIE.h** ou librairies sont des programmes écrits en langage c qui contiennent des fonctions (ou macros)
- La compilation permet de



- ✓ Lier les Fichiers Sources **PROGRAMME.c** avec les Fichiers Headers **LIBRAIRIE.h**
- ✓ Traduire en code machine le programme
- ✓ Le téléchargement va mettre en mémoire le programme puis lancer l'exécution du programme

### 6-2-5) Le Programme - Exemples de compilateurs

<p>Pour programmer des PC (Intel ou AMD (American Manufacture Device))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Visual C++</li> <li>■ Builder C++</li> <li>■ LabWindows/CVI</li> </ul>	<p>Pour programmer les microcontrôleurs (Atmel, Pic, Motorola ou Arduino)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CodeVisio CAVR</li> <li>■ ADC-11 - 68HC11 Compiler</li> <li>■ SourceBoost IDE</li> </ul>
--	---

#### Important :

Chaque microprocesseur ou microcontrôleur a son propre langage machine. Seul le langage C est commun à tous d'où à chaque microprocesseur on associe son compilateur.

### 6-2-6) Le Programme - Structure de base d'un programme en langage C

```

#include <delay.h>
#include <90s8515.h>

Int tempo;
Char sortie;

Void main (void)
{
    DDRB = 0xFF;
    sortie = 0x55;
    tempo = 1000
    while (1)
    {
        PORTB = sortie;
        delay_ms(tempo);
        sortie = ~ sortie;
    }
}
    
```

- Déclaration des fichiers Headers utiles au programme
- Déclaration des variables utiles au programme
- Déclaration du début du programme principal
- Programme principal
- Fin du programme principal

### 6-2-7) Le Programme - Explication du programme en langage C

```

Void main (void)
{
    DDRB = 0xFF;
    sortie = 0x55;
    tempo = 1000
    while (1)
    {
        PORTB = sortie;
        delay_ms(tempo);
    }
}
    
```

Déclaration d'une boucle infinie

Déclaration du port B du microcontrôleur

La variable de type caractère (codée sur 8 bits) vaut 0x55 en hexadécimal ou 85 en décimale

La variable de type entière (codée sur 16 bits) vaut 1000 en décimale

Réalise une temporisation de 1 seconde

Envoie sur le port B du microcontrôleur la valeur de la variable **sortie**

Résultat sur le kit ATMEL

Sortie = 0x55 = 0b01010101

Tempo de 1 seconde

while (1)

```

{
    PORTB = sortie;
    delay_ms(tempo);
    sortie = ~ sortie;
}
    
```

PORT B

## 6-2-8) Le microcontrôleur Arduino

### a) Arduino: c'est quoi?

- ✓ Un circuit imprimé open-source,
  - ✓ Un microcontrôleur (calculateur),
  - ✓ Un programme qui analyse et produit des signaux électriques,
- Pour effectuer des tâches très diverses comme la charge de batteries, la domotique, le pilotage d'un robot, etc...

### b) Le microcontrôleur Arduino

Ce système est basé sur :

- ✓ une interface entrée/sortie simple,
- ✓ un environnement de développement connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex : Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider).

### c) Arduino: la description

- ✓ Un module Arduino est construit autour d'un microcontrôleur Atmel.
- ✓ Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz.
- ✓ Le microcontrôleur est pré-programmé avec un bootloader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire.

### d) Arduino : les avantages

- ✓ Pas cher : moins de 2500 da (type UNO)
- ✓ Multiplateforme : écrit en Java, développé sous Windows, Macintosh et Linux.
- ✓ Un environnement de programmation clair et simple
- ✓ Programmes licence open source, bibliothèques C++
- ✓ Matériel Open source et extensible

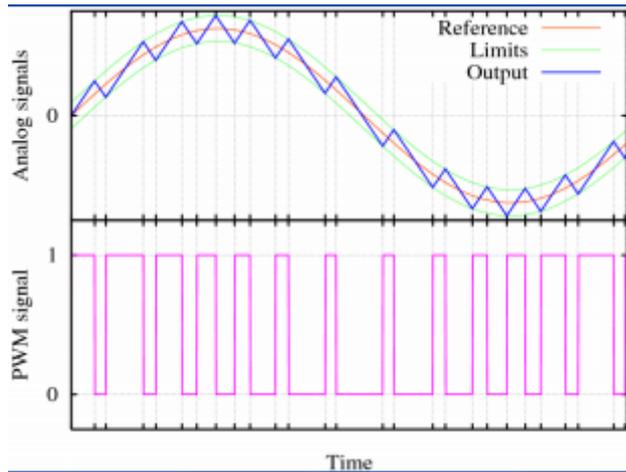
### e) Arduino: la programmation

Les modules sont programmés au travers d'une connexion série RS-232, ou USB



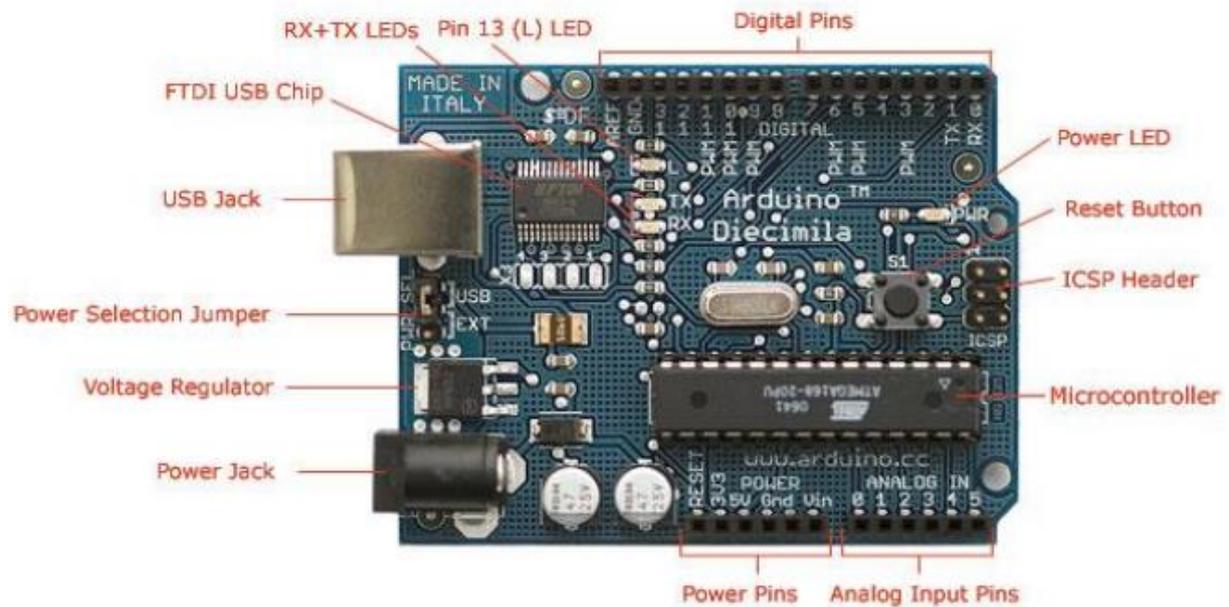
### f) Arduino : Les entrées / sorties

- ✓ 14 entrées/sorties numériques, dont 6 peuvent produire des signaux PWM,
- ✓ et 6 entrées analogiques.



### g) Arduino: le hardware

- ✓ Un quartz 16Mhz,
- ✓ Une connexion USB,
- ✓ Un connecteur d'alimentation jack,
- ✓ Un connecteur ICSP (programmation "incircuit"),
- ✓ et d'un bouton de réinitialisation (reset).



Photograph by SparkFun Electronics. Used under the Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 license.

### 6-3) Le programme source sur Arduino

```
const byte enablePin = 3;
const byte in1 = 4;
const byte in2 = 2;
byte valeurCapteur[2];
unsigned long comp=0;
unsigned long vpre=0;
unsigned long duree=0;
unsigned long dhaut=0;
bool finCourse=0;
bool fincourse=0;
bool on=0;
void setup() {Serial.begin(9600);
Arreter();
pinMode(8,INPUT);
pinMode(9,INPUT);
pinMode(13,INPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);}
void loop() {Monter();
/*finCourse=digitalRead(13);
Serial.println("barra");
if(finCourse==1){while(1){Serial.println("dakhel");
Monter();
delay(5000);
break;}}*/
valeurCapteur[0]=digitalRead(8);
valeurCapteur[1]=digitalRead(9);
Serial.println(valeurCapteur[0]);
if(valeurCapteur[0] ^ valeurCapteur[1]){
if(on){
digitalWrite(7,HIGH);}
Serial.println(valeurCapteur[0]);
delay(2500);
while(1){Descendre();
finCourse=digitalRead(13);
if(finCourse==1){on=1;
digitalWrite(7,HIGH);
Arreter();
comp=millis();
if(comp-vpre>=360000){
on=0;
digitalWrite(7,LOW);
vpre=comp;}
delay(500);
Monter();
delay(4000);
Arreter();
break;}}}
else{Arreter();
Serial.println("Makan walo");}}
void Monter(){digitalWrite(in1, HIGH);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(enablePin, HIGH);}
void Descendre(){digitalWrite(in1, LOW);
digitalWrite(in2, HIGH);
digitalWrite(enablePin, HIGH);}
void Arreter(){digitalWrite(in1, LOW);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(enablePin, LOW);}
```

### Conclusion :

Donc, nous avons proposé notre solution innovante par le prototype configuré avant, et nous avons déterminé son algorithme de fonctionnement, cherchant à l'exécuter automatiquement en intégrant la carte Arduino dans le mécanisme cité avant.



# Chapitre 3 :

## Résultats

### et conclusion

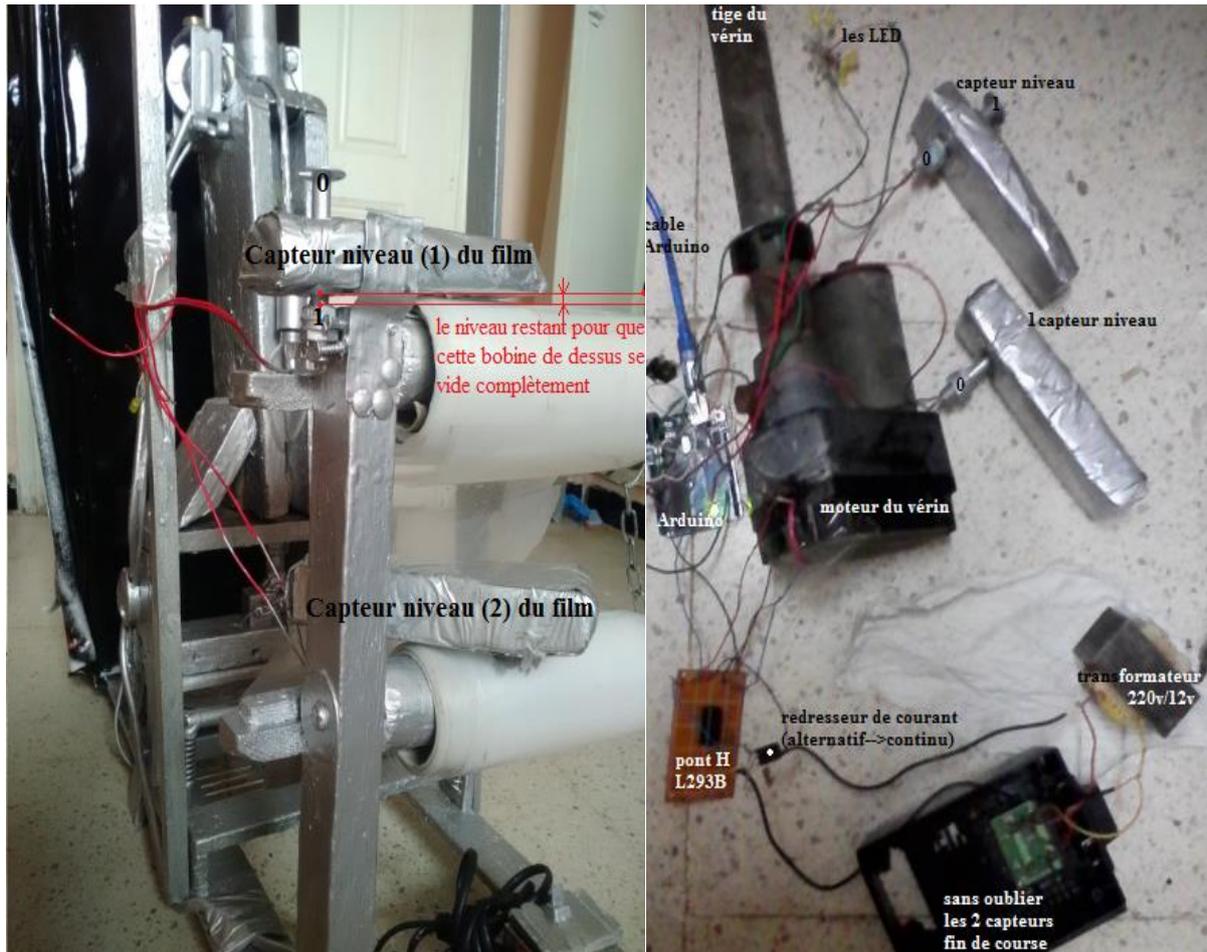
## 1) Introduction

Ce chapitre contient un recensement des résultats obtenus et de la modification innovante réalisée partiellement sur la machine fardeleuse et discussion des perspectives de recherche clôturerons le contenu de ce projet.

## 2) La machine après l'automatisation

Nous intégrons la carte Arduino à commande indépendante (sans toucher l'API de la machine fardeleuse voire le système principal de la chaine production) et on fait la modification.

L'illustration est mentionnée par les figures suivantes :



**Figure 40:**Images descriptives montrent les éléments ajoutés pour automatiser l'appareil. [13]

Nous avons installé les deux capteurs, de telle sorte que lorsque le niveau du film de l'un des deux bobines diminue, laisse le flotteur (placé sur l'une d'elles) descendre, par son poids, en parallèle. Ces deux capteurs, associés avec le vérin presseur, sont liés à la carte Arduino transmettant les signaux mesurés en asservissement automatique. Cette configuration permet le changement automatique de bobines.

## 3) Evaluation de la mission attendue par :

- **Calcul de l'instant de changement de bobine**  
(dans un cas idéal avec une cadence de 900 produits/heure):

Pour une certaine grande vitesse de tirage du film plastique termoretractable équivalente d'aboutir la cadence citée avant; l'instant du premier changement de bobine est donné comme suit :

$$t = 102/900 \approx 7 \text{ min}$$

- **Calcul de la quantité produite**

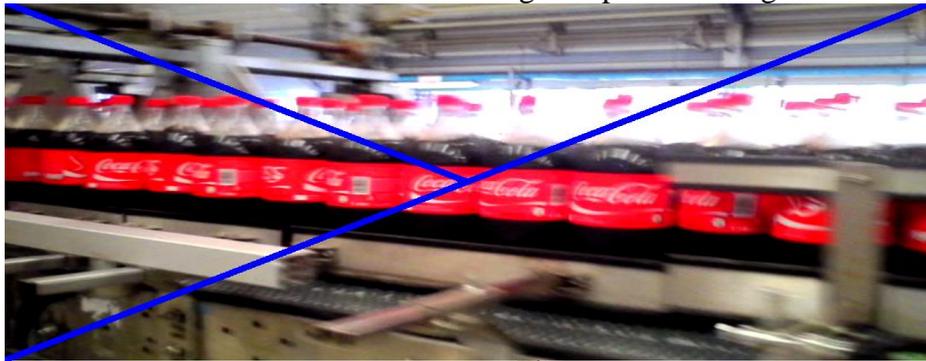
Au cas « sans arrêt de la fardeleuse pour le changement de la bobine »:

Donc nous déduisons la cadence réelle garantie après l'intégration du mécanisme innovant : Sachant qu'il y'a 8 h de travail par jour, donc la quantité produite est :

$$C' = 8*900 = \underline{7200} \text{ produits/jour.}$$

#### 4) Les résultats par rapport à la productivité de la fardeleuse

- Gain de temps permettant d'accroître la productivité globale de la ligne et plus précisément la machine fardeleuse presque deux fois la quantité produite avant la modification ;c'est-à-dire :  
 $2*3672=7344$  avec une petite différence de 144 moins par rapport à la quantité réalisée après la modification.
- Réduction d'accumulations des bouteilles dans le poste en amont de la fardeleuse par éliminer l'habitude d'arrêter la fardeleuse en urgence pour le changement de bobine.



**Figure 41:** PET 2L acheminées vers les guides d'entrée de la fardeleuse. [7]

- Consommation optimale du film plastique termoretractable sans perdre les bouts jetés par l'ancienne méthode (la barre de soudure manuelle).
- Changement de bobine automatique sans arrêt de la machine fardeleuse
- Préparation des bobines par un opérateur en temps masqué
- Efficacité améliorée de la machine à haute cadence
- Intégration facile du mécanisme de changement de bobine avec une partie de commande indépendante sans toucher l'API principal de la machine fardeleuse.

## Conclusion

L'entreprise va doubler la quantité produite ce qui est équivalent à gagner :

$$(120[\text{Prix unitaire d'une bouteille}] * 6[\text{bouteilles/fardeau}]) * (7200 - 3672) = \underline{2540160 \text{ da/jour.}}$$

Et c'est ça ce qu'on cherche

## Conclusion générale

Notre objective était dans le but d'améliorer l'automatisation du changement de bobine, de telle sorte que la fardeleuse ne soit pas arrêtée. Nous avons pensé à réaliser un mécanisme innovant qui permet de solutionner ce problème.

Nous avons donc, entamer un travail exhaustif de modification pour l'adaptation de la conception et de la réalisation. Et cela, avec toutes les contraintes rencontrées pour la disponibilité et le coût du matériel.

Le résultat obtenu a accéléré l'opération du changement d'une manière quasiparfaite, et nous soulignons, qu'il y a eu une petite consommation d'énergie électrique. Entre autre, notre intervention est un travail d'innovation avec une valeur ajoutée au processus de fardelage.

Cependant, la simulation de changement du consommable pour le mécanisme que nous avons étudié, a été obtenu par un prototype illustratif.

Notre travail qui est ni parfait ni complet, peut être l'objet d'une voie de recherche dans le futur afin d'améliorer ce fonctionnement appartenant à la machine fardeleuse.

## Abréviations, acronymes et sigles

1) PET : Poly Ethlen Terephtalat .....	6,15,33
2) CAO : Conception assistée par ordinateur .....	56
3) BGI : Bottling gaz industry .....	9
4) FS : Fonction de service .....	13
5) FT : Fonction technique .....	13
6) CN50 : Contrôle numérique de type 50 .....	20
7) TSF : Mot technique du film thermoretractable .....	24
8) API : Automate programmable industriel .....	29,52
9) RMS : Real Metrix System .....	32

## Références :

[1] PDF:«Concours communs polytechniques/Epreuve spécifique-filère TSIPR08 Session 2011 Projet de sciences industrielles pour l'ingénieur »

[2] PDF:«M<sup>elle</sup> Berkani Mokhtaria Amina 2012/Université d'Oran Es-Senia/Mémoire magistère en management/Option :Stratégie/ Thème :La gestion par les compétences»

[3] PDF:«Documents internes de la S.B.O.A (des rapports faits par les stagiaires)»

[4] PDF:«Cermex/TSP2 CLP BW 45D59 SNB SACOFRINA Manuel opérateur Edition du 29/04/2013 »

[5] :« Sidel donne naissance à un leader mondial des lignes d'emballage »♂[archive], sur lesechos.fr (consulté le 08 juin 2015)

[6] :« Tous les sites Gebo Cermex » ♂[archive], sur fr.gebocermex.com (consulté le 08 juin 2015)

[7] :« Photos prises par l'étudiant 'Si Ali Mohammed' au cours du stage pratique fait à la S.B.O.A pendant le vacance d'été 29/07/2015→29/08/2015»

[8] PDF:«Gamme VersaFilm® Fardelage par Thermo-scillage Cermex »

[9] : «Wikipedia®/relais statique triphasé/ébauche concernant l'électronique »

[10] PDF:«Le bruit dans les systèmes électroniques/version juillet 2002 réalisé par Jean-Philippe Muler». Le théorème de valeur moyenne et efficace d'un bruit est utilisé pour la proposition

[11] :«Photo prise d'un dessin sur papier réalisé par l'étudiant 'Si Ali Mohammed'»

[12] :«Photos imprimées de l'écran du micro-ordinateur des dessins faits sur le logiciel CATIA V5 R20 réalisés par l'étudiant 'Si Ali Mohammed'»

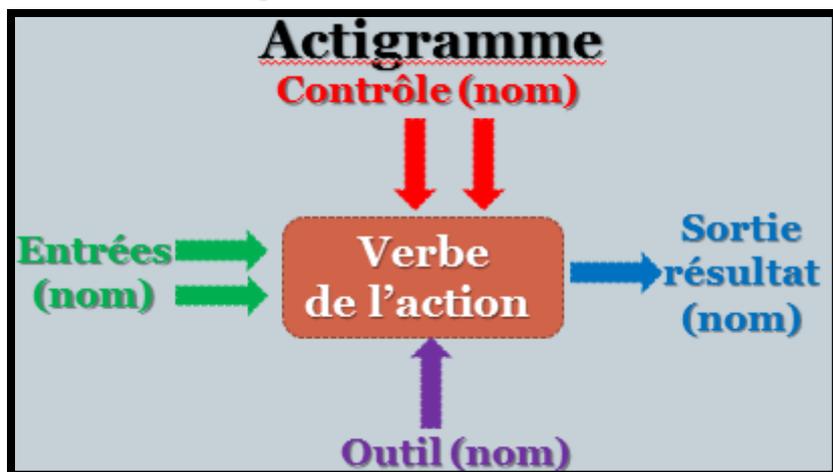
[13] :«Photos prises par l'étudiant 'Si Ali Mohammed' pour le prototype (la solution de la problématique) »

[14] :« Programmer en un c microcontrôleur Arduino – Teagueduino Lyctaa0 2011 STI2D Sin »

[15] : «Photo imprimée de l'écran du micro-ordinateur des figures concernant la fardeleuse»

**Glossaire :**

- 1) **Actigramme (page 37):** C'est un outil pour la modélisation fonctionnelle d'un système donné et il est représenté comme suit :



**ملخص:**

في الوقت الراهن، نحن نرى كل ذلك الطلب على المشروبات الغازية، ومن المستهلكين عموماً تتخذ المزيد والمزيد من الزخم وفقاً لمنحنى أسي. لذلك فكرنا في الابتكار على مستوى سلسلة الإنتاج لهذا المنتج. نعالج ذلك من خلال إجراء دراسة على آلة تغليف هذا الأخير، على مستوى شركة المشروبات الغازية للغرب الجزائري (كوكا كولا). أولاً سوف ندرس الوضع الحالي للآلة مع مردودها على الانتاجية للسلسلة. أما بعد سوف نبكر آلية تسمح بتغيير مكبات شريط التغليف بحيث أن السلسلة لا تتوقف. إذن، لدينا إشكالية تتمثل في ربح الوقت المخصص لإنتاج حزم القارورات. يجب إذن، إثبات ذلك من خلال النتائج المتحصلة عليها في المحاكاة لنموذج قريب من الواقع للآلية المذكورة سابقاً التي سوف ننجزها.

**الكلمات المفتاحية:**

سلاسل الإنتاج، التحسين، النموذج إبتكار الأنظمة، تصميم الآليات المدعم بالحاسوب

**Résumé :**

Actuellement, nous remarquons tous, que la demande de boissons gazeuses, de la part des consommateurs en général, prend de plus en plus de l'ampleur. Et cela, suivant une courbe exponentielle. Nous avons pensé donc, à innover dans la chaîne de production de ce produit. Nous avons procédé par une étude sur les fardeleuses de ce dernier, au niveau de la société des boissons de l'ouest Algérien (S.B.O.A). D'abord, nous allons étudier l'état actuel de la machine avec son rendement sur la productivité de la chaîne. Ensuite nous allons innover sur le mécanisme qui permet le changement des bobines de film d'emballage de telle sorte que la chaîne ne soit pas arrêtée. Donc, nous avons une problématique qui présente une optimisation du temps alloué à la production des fardeaux. Il faut donc, faire une démonstration à travers les résultats obtenus de la simulation par un prototype proche de la réalité du mécanisme cité avant que nous allons réaliser.

**Mots clés :**

Innovation des systèmes, Conception des mécanismes (CAO), Chaînes de productions, Optimisation, Prototype.

**Abstract :**

Currently, we see all that the demand for soft drinks, from consumers generally take more and more momentum. And that, according to an exponential curve. We thought so, to innovate in the production chain of this product. We conducted a study on bundling machines of the latter, at the beverage company in western Algeria (S.B.O.A). First, we will discuss the current state of the machine with his performance on the productivity of the chain. Then we will innovate the mechanism for changing the packaging film reels so that the chain is not stopped. So we have a problem that presents an optimization of the time allotted to production burdens. We must therefore demonstrate through the results of the simulation prototype realistic mechanism of the city before we will achieve.

**Key words :**

Innovation of systems, Conception of mechanisms (CAO), Production chain, Optimization, Prototype.