

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaïa
Faculté de technologie Département de Génie Electrique



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de master en électrotechnique
Spécialité : électrotechnique industriel

Thème

Etude et programmation d'une station de déchargement de bobines automatique pour une extrudeuse tricouches

Présenté par : KASRI MASSINISSA

Encadré par : M. A Medjdoub

2023/2024

REMERCIEMENTS

J'exprime ma gratitude envers **ALLAH** pour m'avoir accordé la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien cette modeste tâche.

J'adresse mes vifs remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Tout d'abord, je souhaite me remercier moi-même pour l'engagement, la persévérance et le travail acharné que j'ai investis tout au long de ce parcours. Ce projet représente le fruit de nombreuses heures de recherche, de réflexion et de développement, et je suis fier du chemin parcouru.

Je souhaite remercier très vivement Mr **A.Medjdoub**, pour la confiance qu'il m'a accordée dans la réalisation de ce projet, ainsi que pour sa patience, sa disponibilité, son suivi et ses conseils fructueux.

Je suis également très reconnaissant envers Mr **M.Mihoubi** et ma chère sœur Mlle **M.Kasri** pour m'avoir accueillie aux seins de l'entreprise MERIPLAST, ainsi que pour leur suivi et leurs conseils.

Je témoigne ma sincère reconnaissance envers les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger mon travail.

Un merci particulier à mes parents, qui ont été les piliers de ma réussite. Leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs sacrifices m'ont permis d'arriver là où je suis aujourd'hui. Merci pour votre patience, vos encouragements et votre foi inébranlable en mes capacités. Ce succès est aussi le vôtre.

DÉDICACES

Je voudrais dédier ce travail à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants. Vous avez toujours cru en moi et m'avez donné la force de persévérer. Ce mémoire est le fruit de votre dévouement et de vos sacrifices.

À mes frères et sœurs, pour leur compréhension et leur patience. Merci d'avoir été là pour moi dans les moments de doute et de stress. Votre présence a été une source de réconfort et de motivation.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	9
Présentation de l'entreprise.....	10
I.1 Introduction.....	10
I.2 Fiche d'identité de MERIPLAST.....	10
I.3 Cordonnées et localisation	11
I.4 Cartographie des processus	11
I.5 PRODUCTION.....	12
1. ATELIER EXTRUSION.....	13
2. ATELIER IMPRESSION.....	13
3. ATELIER LAMINAGE	13
4. ATELIER DECOUPE.....	13
5. ATELIER SACHERIE.....	13
CHAPITRE I.....	15
Généralité sur le phénomène d'extrusion et son principe de fonctionnement.....	15
I.1 Historique et définition d'une extrudeuse	16
I.1.1 Historique du phénomène d'extrusion	16
I.1.2 Définition de L'extrusion	17
I.1.2.1 Les différentes méthodes d'extrusion	18
1. Extrusion -gonflage	18
2. Extrusion de plaques et de feuilles	18
3. Extrusion de profilés et de tubes	19
4. Extrusion-soufflage	20
I.1.3 Définition d'une extrudeuse plastique	20
I.1.3.1 Les différent type d'extrudeuse.....	21
1. Extrudeuse mono-vis.....	21
Avantages	21
Inconvénients.....	21
2. Extrudeuses à double vis	22
Avantages	22
Inconvénients.....	22
3. Extrudeuse spécial.....	23
I.2 Le principe de fonctionnement d'une ligne d'extrusion-gonflage	24

I.2.1	Présentation de l'installation d'extrusion-gonflage de la machine OPTIMEX	24
I.2.1 .1	Alimentation en matériaux et saisie du débit	25
1.	Système de convoyeur à vide	25
2.	Dispositifs de dosage gravimétrique	26
I.2.1 .2	Extrudeuse avec douille rainurée	27
I.2.1 .3	Tête de soufflage à trois couches	29
I.2.1 .4	Réglage du profil et dispositif de calibrage du film.....	30
1.	Le détecteur à ultrasons	31
2.	Dispositif de calibrage.....	32
I.2.1 .5	Tirage de la gaine - Mise à plat – Tirage à réversion.....	33
1.	La mise à plat	34
2.	La réversion.....	34
	CONCLUSION.....	34
	CHAPITRE II.....	36
	Un enrouleur: constitution et principe de fonctionnement.....	36
II .1	Introduction.....	37
II .2	Le rôle d'un enrouleur	37
II .3	Constitution d'un enrouleur tangentiel /axial	38
II.3.1	Avancement du film vers l'enrouleur	38
II.3.1.1	Groupe de prétraitement	38
II.3.1.2	Avance du film plastique	39
II.3.2	Définitions d'un l'enrouleur tangentiel/axial de film plastique	40
II.3.3	Les différents types d'enrouleurs	42
II.3.4	L'équipement de base d'un enrouleur.....	42
1.	Dispositif d'insertion d'arbre de bobinage	44
2.	Système de changement de bobines	44
3.	Guide parallèle d'arbre de bobinage.....	45
4.	Dispositif de dépose de bobine hydraulique.....	47
5.	Dispositif de réglage de la tension de bande	48
6.	Cylindre déplisseur courbé	49
7.	Électrode de charge	49
8.	Dispositif de levage	49
9.	Système de coupe transversale	50
10.	Accélérateur des arbres de bobinage	52
II.4	Paramètres clés pour un enroulement efficace.....	53
II.4.1	Le contrôle de la tension du film plastique	53

II.4. 2 Le réglage de la vitesse d'enroulement	53
II.4. 3 L'élimination des plis, des plages et des épaisseurs dans les bobines.....	53
II.5 Principe de fonctionnement de l'enrouleur.....	54
II.6 Déchargement manuel des bobines de l'enrouleur	56
II.6.1 L'impacte du déchargement manuel sur la productivité.....	56
CONCLUSION	56
CHAPITRE III	57
Conception et simulation de la station de déchargement automatique de bobines d'une extrudeuse tri-couche	57
III.1 Présentation de la nécessité d'une station de déchargement automatique de bobines de film plastique	58
III.2 Étude du processus de déchargement manuel actuel et des difficultés rencontrées	58
III.3 Objectif et avantages de la conception d'une station de déchargement automatique de bobines	59
III.4 Conception mécanique de la station avec le logiciel SolidWorks	60
III.4.1 Présentation du logiciel SOLIDWORKS	60
III.4.2 Sélection des composants mécaniques nécessaires	61
III.4.3 Conception des éléments de la station de déchargement automatique dans.....	61
SOLIDWORKS	61
III.5 Reprogrammation de l'enrouleur et programmation de la station de déchargement automatique en utilisant le logiciel TIA PORTAL	62
III.5.1 Présentation du logiciel TIA PORTAL	62
III.5.2 Création d'un projet dans TIA PORTAL pour le contrôle de l'enrouleur et de la station de déchargement.....	63
1. La création de la table des mnémoniques	64
2. Les conditions initiales à respecter avant la sortie de la bobine de l'enrouleur sont les suivantes	67
3. Les étapes avant la sortie de bobine de l'enrouleur.....	67
III.5.3 Vue du STEP 7 réaliser sur TIA PORTAL pour le contrôle de l'enrouleur et de la station de déchargement.....	68
1. L'arrivée de la bobine sur les bras de dépose.....	70
2. Décente des bras de dépose et montée de la station	71
3. Remise en place des bras de dépose	72
4. Décente de la station et montée du bras de blocage	73
5. Blocage de l'axe et dégonflement des chambres à air	74
6. Déplacement de la station de déchargement.....	75
7. Décente du vérin de déchargement et déchargement de la bobine	76

8. Montée du vérin de déchargement et remplacement de la station de déchargement.....	78
9. Fin du circuit de déchargement et retour a l'étape initiale	80
10. Bouton d'arrêt d'urgence.....	80
CONCLUSION	81
CONCLUSION GENERAL	82
BIBLIOGRAPHIE	83

RÉSUMÉ

L'utilisation des polymères extrudés est essentielle dans l'emballage plastique quotidien. L'extrusion, une technique ancienne remontant à l'Antiquité et modernisée au XXe siècle, est particulièrement dominante dans l'extrusion gonflage, produisant des films plastiques pour divers secteurs comme l'alimentaire, l'industriel et l'agricole.

Le projet se concentre sur l'extrudeuse tri-couches OPTIMEX de Windmüller & Hölscher, visant à remplacer le déchargement manuel des bobines par une station de déchargement automatique. L'objectif est d'améliorer la productivité, réduire les coûts de main-d'œuvre et améliorer la qualité du processus de production.

Le travail est structuré en trois chapitres : les principes de l'extrusion et de l'extrusion gonflage, l'analyse fonctionnelle de l'enrouleur existant, et la conception et programmation de la nouvelle station de déchargement à l'aide des logiciels SOLIDWORKS et TIA PORTAL. Cette approche permet une conception précise et une simulation avant la mise en œuvre, assurant une résolution efficace des défis industriels rencontrés.

Abstract

The use of extruded polymers is essential in daily plastic packaging. Extrusion, an ancient technique dating back to antiquity and modernized in the 20th century, is particularly dominant in blown film extrusion, producing plastic films for various sectors such as food, industrial, and agricultural.

The project focuses on the three-layer extruder OPTIMEX from Windmüller & Hölscher, aiming to replace manual unloading of coils with an automatic unloading station. The goal is to improve productivity, reduce labor costs, and enhance production process quality.

The work is structured into three chapters: principles of extrusion and blown film extrusion, functional analysis of the existing winder, and design and programming of the new unloading station using SOLIDWORKS and TIA PORTAL software. This approach allows for precise design and simulation prior to implementation, ensuring effective resolution of encountered industrial challenges.

INTRODUCTION GENERALE

L'utilisation de polymères extrudés joue un rôle crucial dans la vie humaine, car chaque achat est emballé en partie ou entièrement en plastique, ce qui en fait une nécessité inévitable. L'extrusion est un principe très ancien qui, si l'on remonte à la vis d'Archimède, a été largement utilisé depuis longtemps, notamment dans le secteur alimentaire (fabrication de saucisses ou de pâtes alimentaires). Pour ce qui est des matériaux synthétiques, le procédé a été utilisé dès le début du XXe siècle dans le domaine du caoutchouc, puis s'est développé considérablement depuis dans celui des matières thermoplastiques.

L'extrusion gonflage est un procédé largement utilisé dans l'industrie de l'emballage pour produire des films plastiques, largement utilisés dans les applications d'emballage alimentaire, industriel et agricole. Dans ce procédé, le matériau plastique est fondu et extrudé à travers une filière circulaire, puis est soufflé en une bulle qui est refroidie, aplatie et enroulée en une bobine de film plastique fini ou semi-fini de plusieurs centaines de kilo qui peuvent avoir différents diamètres, elles sont ensuite déchargées manuellement par 3 opérateurs ce qui est une perte de productivité et un danger pour ces derniers.

De nombreuses machines d'extrusion de polymères existent, chacune ayant une fonction spécifique. Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser parmi toutes ces machines à la machine d'extrusion gonflage OPTIMEX, développée par Windmüller & Hölscher, une entreprise allemande spécialisée dans la construction mécanique et un fournisseur international de machines pour la fabrication et le traitement d'emballages flexibles.

L'objectif de cette étude consiste à la conception et la programmation d'une station de déchargement automatique de bobines d'une extrudeuse tri couches, permettant un gain de temps considérable par rapport au procédé de déchargement manuel réalisé précédemment par des opérateurs, une réduction des coûts liés à la main-d'œuvre, l'accroissement de la productivité et l'amélioration de la qualité du processus de production. Pour ce faire, nous allons structurer ce travail de la manière suivante:

- ❖ . Le premier chapitre explique les principes fondamentaux du phénomène d'extrusion, ainsi que le fonctionnement d'une ligne d'extrusion gonflage
- ❖ Dans le chapitre deux, une analyse fonctionnelle d'un enrouleur est réalisée, en exposant son principe de fonctionnement et le rôle de chaque compartiment
- ❖ Le troisième chapitre est dédié à la simulation dans les logiciels TIAPORTAL pour la reprogrammation de l'enrouleur et la programmation de la station de déchargement des bobines. Aussi, le logiciel SOLIDWORKS pour la conception de la nouvelle station de déchargement des bobines est utilisé.

Présentation de l'entreprise

I.1 Introduction

MERIPLAST, société familiale pionnière dans la plasturgie, spécialisée dans le domaine de la plasturgie, s'est positionnée comme leader dans le développement, la fabrication et la commercialisation d'emballages flexibles.

Son engagement consiste à proposer et à fabriquer des solutions d'emballage plastique de qualité supérieure, en harmonie avec les besoins et les exigences spécifiques de ses clients.

Grâce à son expertise et à son engagement, MERIPLAST offre une gamme variée d'emballages flexibles, allant des films thermo-rétractables neutres et imprimés aux films complexés, en passant par les films agricoles, les gaines, les housses et la sacherie.

Dans son souci constant d'offrir des produits de qualité tout en préservant l'environnement, l'équipe de MERIPLAST favorise l'utilisation du polyéthylène, un matériau plastique entièrement recyclable.

I.2 Fiche d'identité de MERIPLAST

- **Date de création** : 18/07/2000
- **Forme juridique** : société à responsabilité limitée.
- **Nature d'activité** : extrusion, impression, laminage, découpe et soudage de film et emballage plastique souple
- **Secteur d'activité** : plastique, chimie, caoutchouc et verre
- **Section** : Film et sacherie en plastique
- **N° Registre de commerce** : 06/00-01834631 B 00
- **NIS** : 000006010202676
- **NIF** : 00000608346385
- **Certification** : ISO 9001 V 2015 déjà certifiée en ISO 22000 V 2005 actuellement une mise à jour du système est en cours selon la nouvelle version 2018.
- **Capital** : 1 300 000 000 00 DA
- **chiffre d'affaire** : 50 000 000 00 DA
- **Effectifs** : 228
- **Superficie site 01** : 2690 m²
- **Superficie site 02** : 2637 m²
- **Capacité de production** / mois : 1700 tonnes

I.3 Cordonnées et localisation

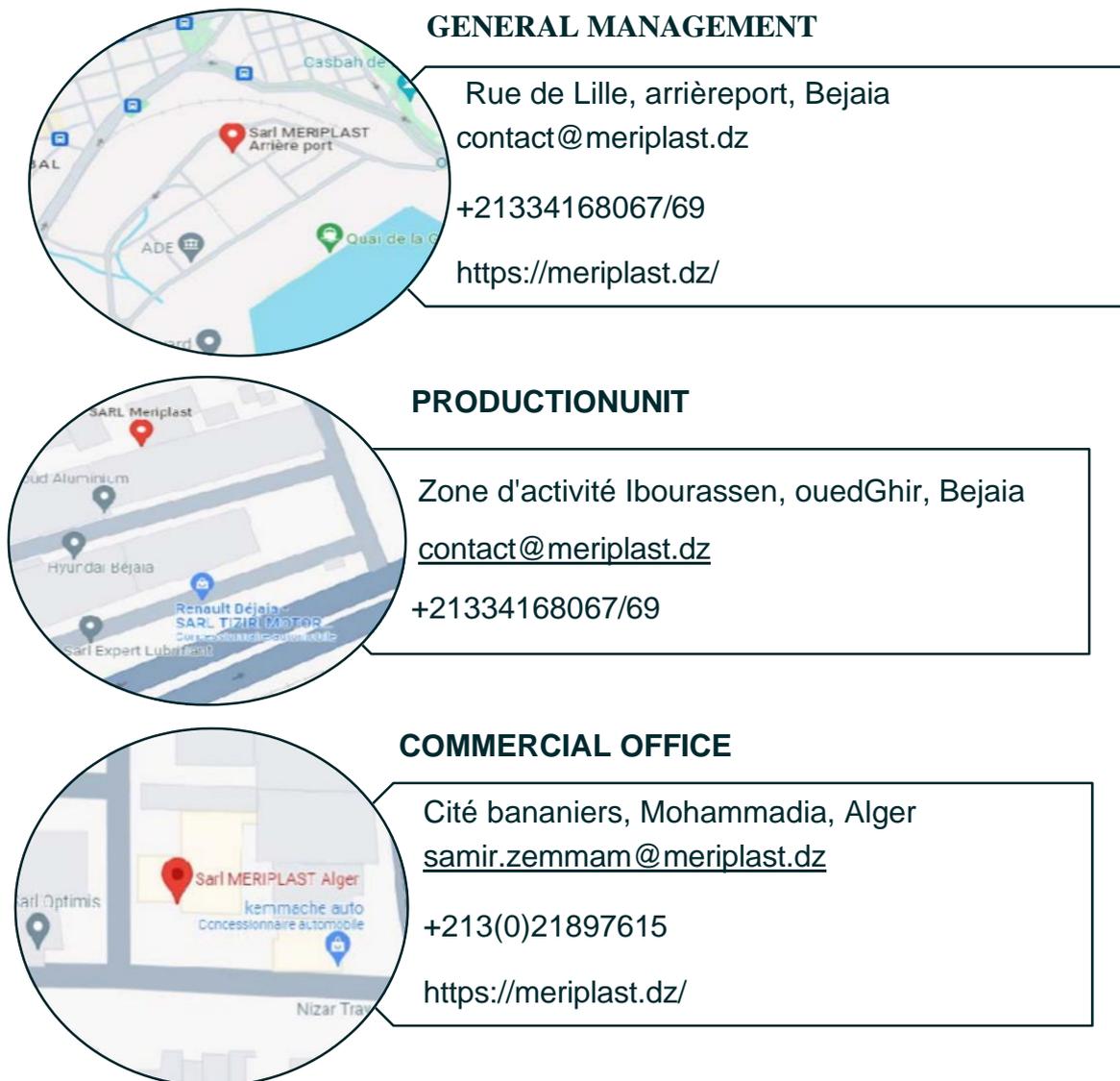


Fig I.1 coordonnées et localisation de l'entreprise

I.4 Cartographie des processus

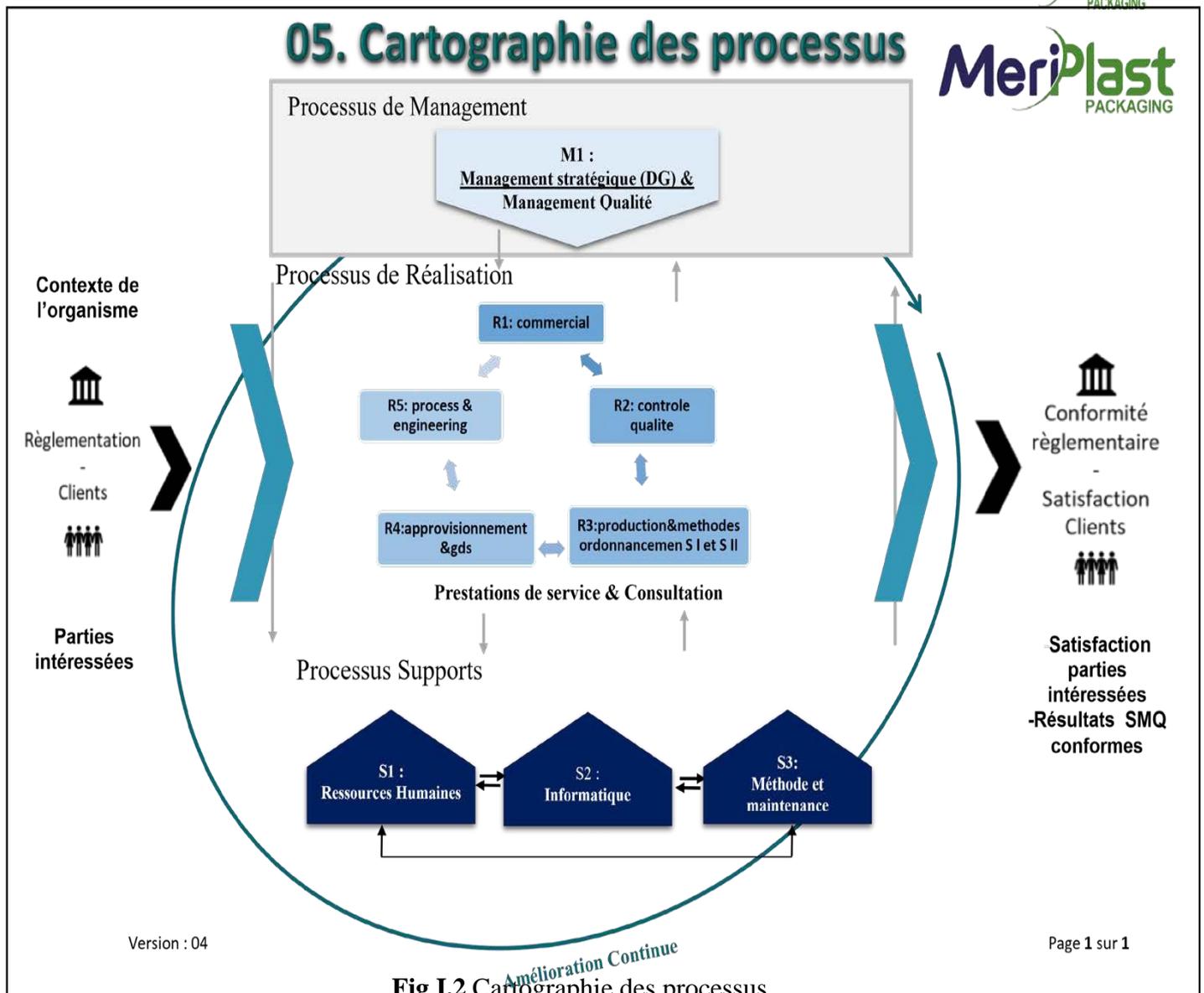


Fig I.2 Cartographie des processus

I.5 PRODUCTION

La Sarl MERIPLAST dispose actuellement de plusieurs ateliers répartis comme suit :

1. ATELIER EXTRUSION

La phase d'extrusion des films est une étape cruciale dans la fabrication des emballages chez MERIPLAST.

C'est le fondement essentiel pour des impressions et transformations efficaces des matériaux plastiques. La qualité du film extrudé est déterminante pour la conception finale de l'emballage. Un processus d'extrusion de cinq lignes bien maîtrisé assure l'obtention de films homogènes, créant une base solide pour des impressions précises et une transformation aisée.

2. ATELIER IMPRESSION

Doté de trois imprimantes de flexographie à solvant, notre équipement offre la possibilité d'imprimer jusqu'à 8 couleurs sur divers supports tels que le PE, BOPP, OPP, PP bulle, PET, Cette technologie avancée assure une résolution élevée garantissant une qualité d'impression exceptionnelle. Associée à un débit rapide et à une productivité élevée, notre équipement d'impression répond aux exigences les plus élevées de l'industrie.

La polyvalence offerte par la possibilité d'imprimer sur différents supports renforce notre capacité à répondre aux besoins variés de nos clients tout en maintenant des normes élevées en termes de qualité et d'efficacité

3. ATELIER LAMINAGE

MERIPLAST dispose de deux complexe dédiées au laminage, principalement pour la production d'emballages destinés à l'industrie agroalimentaire, tels que les pâtes, le café....etc.

Cette capacité renforce l'engagement de MERIPLAST envers la création de solutions d'emballage hautement fonctionnelles et adaptées aux exigences spécifiques du secteur agroalimentaire.

4. ATELIER DECOUPE

MERIPLAST est équipée de trois découpeuses dédiées à la découpe du film, et d'Une bobineuse refendeuse permettant une rectification des débordements. Offrant ainsi la flexibilité nécessaire pour répondre aux exigences spécifiques de divers clients. Ces machines de découpe sont conçues pour assurer une précision optimale, permettant de personnaliser la taille et la forme du film en fonction des demandes particulières.

5. ATELIER SACHERIE

La sacherie chez MERIPLAST représente un atelier de finition équipé de trois machines distinctes, chacune ayant un rôle clairement défini.

- MAKINA pour les sacs publicitaires : Elle est conçue pour produire des sachets avec divers détails personnalisables en fonction des exigences spécifiques des clients (taille, poignées, soufflées et design)
- Machine pour les sacs couches : Elle permet de produire des sacs pour couches bébé et de sacs pour serviettes hygiéniques. Elle offre la possibilité de personnaliser plusieurs spécifications et détails, répondant ainsi aux exigences spécifiques des clients.
- La soudeuse : Cette machine produit des sacs pour le secteur industriel beaucoup plus des housses, coiffes, sac prédécoupé et gaines.

CHAPITRE I

Généralité sur le phénomène d'extrusion et son principe de fonctionnement

I.1 Historique et définition d'une extrudeuse

I.1.1 Historique du phénomène d'extrusion

Une extrudeuse est un appareil utilisé dans l'industrie manufacturière pour façonner des matériaux en les poussant à travers une ouverture dans une forme spécifique. Initialement, l'extrusion se faisait manuellement, mais au fil du temps, des machines automatisées ont été développées pour améliorer l'efficacité et la précision du processus. L'extrudeuse a une longue histoire qui remonte au 18^{ème} siècle. La première extrudeuse manuelle à piston a été fabriquée par Joseph Bramah en Angleterre en 1795 pour la production de tuyaux en plomb sans soudure. Cette invention est considérée comme la première extrudeuse au monde. Dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, les extrudeuses étaient principalement utilisées pour la production de tuyaux en plomb, la transformation de pâtes et d'autres produits alimentaires ainsi que dans l'industrie de la brique et de la céramique. Au XIX^{ème} siècle, l'extrusion évolue avec l'avènement de nouveaux matériaux thermoplastiques.

R. Boorman a soumis une demande de brevet en 1845 pour l'utilisation d'une extrudeuse pour fabriquer des fils de caoutchouc Goodbo. L'extrudeuse a été améliorée par H. de Goodbo Company en 1851 et a servi à enrober les fils de cuivre du premier câble sous-marin entre Douvres et Calais.

En 1879, le premier brevet pour une extrudeuse à vis hélicoïdale d'Archimède a été obtenu par le Britannique M. Gray.

L'extrusion a connu une évolution majeure au XX^{ème} siècle avec l'émergence des extrudeuses électriques.

En 1935, des extrudeuses pour thermoplastiques ont été fabriquées par le fabricant allemand de machines Paul Troestar. En 1939, l'extrudeuse plastique a été mise au point à un stade contemporain : le stade d'extrusion à vis unique.

L'extrusion des polymères a une histoire qui remonte à 1870 et peut être divisée en quatre phases.

La première phase commence en 1870 et se prolonge jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, date à laquelle sont fabriqués les premiers polymères synthétiques, comme le chlorure de polyvinyle plastifié, qui remplace le caoutchouc pendant la Première Guerre mondiale. La seconde période, de 1940 à 1955, est marquée par l'émergence du premier polyamide, le nylon, qui sert à remplacer les fibres textiles naturelles, notamment la soie.

La période suivante, qui débute en 1950 et dure jusqu'en 1965, est caractérisée par des recherches théoriques sur le procédé d'extrusion monovis, qui englobe la conception des écoulements des matières premières fondues, le transport des polymères solides et la fusion des derniers.

La quatrième période, de 1965 à la fin des années 1990, est marquée par un développement durable croissant et le passage de la mono-vis à la bivirus, avec des recherches sur les flux de matières premières fondues et la fusion des polymères.

Depuis lors, la technologie de l'extrusion a connu une évolution continue grâce à l'incorporation de nouvelles technologies et matériaux, offrant ainsi une grande diversité de produits finis tels que des tubes, des profilés, des poudres, des paillettes, des granulés [1].



Fig I.1 première extrudeuse

I.1.2 Définition de L'extrusion

Selon sa définition, l'extrusion consiste à convertir l'énergie mécanique en énergie thermique. Elle est utilisée pour obtenir des objets finis ou semi-finis grâce à un processus technologique continu. Elle implique de forcer un matériau (des granuler de polyéthylène) à travers une filière afin de lui donner une forme spécifique et constante en section transversale. Dans différentes industries, ce procédé est couramment employé afin de fabriquer des objets de formes continues comme des profilés, des tubes, des feuilles et des films. Lors de l'extrusion, l'équipement essentiel est une extrudeuse qui transforme la matière afin de pouvoir ensuite la mètre en forme. Lors de cette étape initiale, la matière, qui se présente sous forme de granuler solide, est plastifiée en utilisant simultanément une vis sans fin et un système de collier chauffant. Cela implique de la chauffer et de la malaxer à une température contrôlée afin de la ramollir ou de la fondre, en fonction de sa nature. Elle passe ensuite par une filière, qui est une

ouverture de forme spécifique, à l'aide d'une vis sans fin ou d'un piston. La forme finale du produit extrudé est influencée par la forme de la filière. Après avoir été extrudé, il est possible de le refroidir rapidement afin de stabiliser sa forme et ses caractéristiques. Par la suite, il est possible de le couper à la longueur souhaitée, de le former ou de le finir selon les exigences [2].

I.1.2.1 Les différentes méthodes d'extrusion

L'extrusion plastique est une méthode de transformation continue qui se manifeste à travers 4 méthodes principales : l'extrusion de plaques et de feuilles, l'extrusion de profils et de tubes, l'extrusion-soufflage et l'extrusion-gonflage. Malgré leur origine commune, l'extrudeuse, chaque procédé présente des caractéristiques distinctes et requiert également des équipements spécifiques [2].

1. Extrusion -gonflage

La méthode de l'extrusion-gonflage (initialement utilisée pour le polyéthylène b.d.) avait entraîné une révolution sur le marché des films plastiques dont la fabrication par calandrage était en effet assez coûteuse. Elle est applicable à la majorité des matériaux thermoplastiques (qui, à l'état fondu, présentent une viscosité élevée et sont résistants à l'oxydation) et permet de créer un film extrêmement fin, pouvant atteindre 10 μm d'épaisseur. La vitesse d'une chaîne d'extrusion-gonflage pour du polyéthylène, par exemple, dépasse 500 kg/h avec une épaisseur du film comprise entre 60 et 200 μm . Elle offre la possibilité de créer des films en plastique. L'air est utilisée pour gonfler la matière en tube aux parois très fines, puis elle est étirée pour former une bulle cylindrique, puis elle est refroidie et enroulée en bobine. Ce film, appelé gain peut ensuite être décoré, découper, thermoformé etc [2].

2. Extrusion de plaques et de feuilles

Comme son nom l'indique, elle offre la possibilité de fabriquer des plaques et des feuilles de diverses épaisseurs. Les profilés très plats et larges sont qualifiés de plaques ou de feuilles et leur fabrication par extrusion est fréquente dans le secteur industriel. Un matériau rigide d'épaisseur supérieure à 0,5 mm et coupé en longueur, généralement enroulé sur une bobine, est appelé « plaques », tandis qu'un matériau souple ou semi-rigide, d'épaisseur inférieure à 0,25 mm, peut être appelé « feuille ». Lorsqu'on extrude ces articles, il est nécessaire d'avoir un équipement spécifique pour la tête, la filière et les dispositifs de réception, afin de former des bobines qui seront ensuite utilisées dans les dispositifs de thermoformage [2].

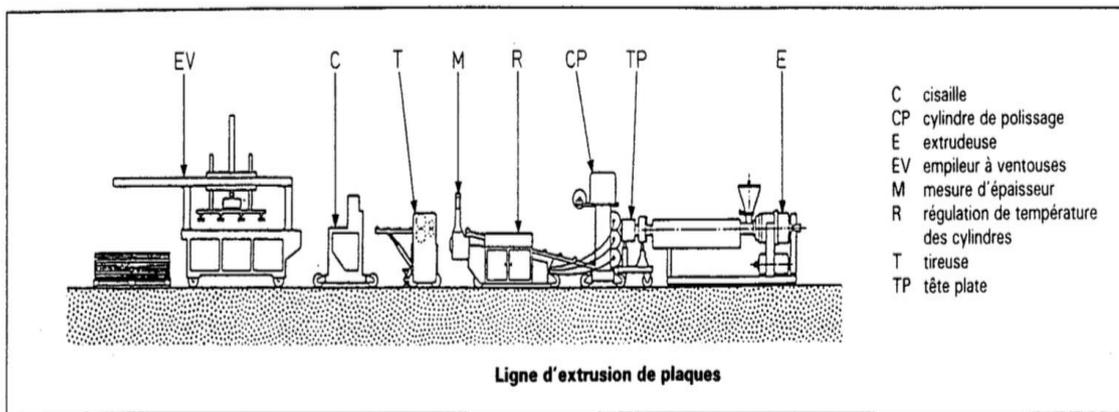


Fig I.2 ligne d'extrusion de plaques et de feuilles

3. Extrusion de profilés et de tubes

Le matériel de la chaîne d'extrusion est généralement similaire à celui de la ligne de production de tubes à sections circulaires. Elle offre la possibilité de produire divers types de profils de diverses formes ou de tubes. On refroidit la matière qui sort de la tête d'extrusion dans un conformateur afin de lui donner la forme, puis on la transfère dans un bac de refroidissement, puis on la tire dans un banc. Finalement, le produit sera détaché à la longueur désirée ou enroulé [2].

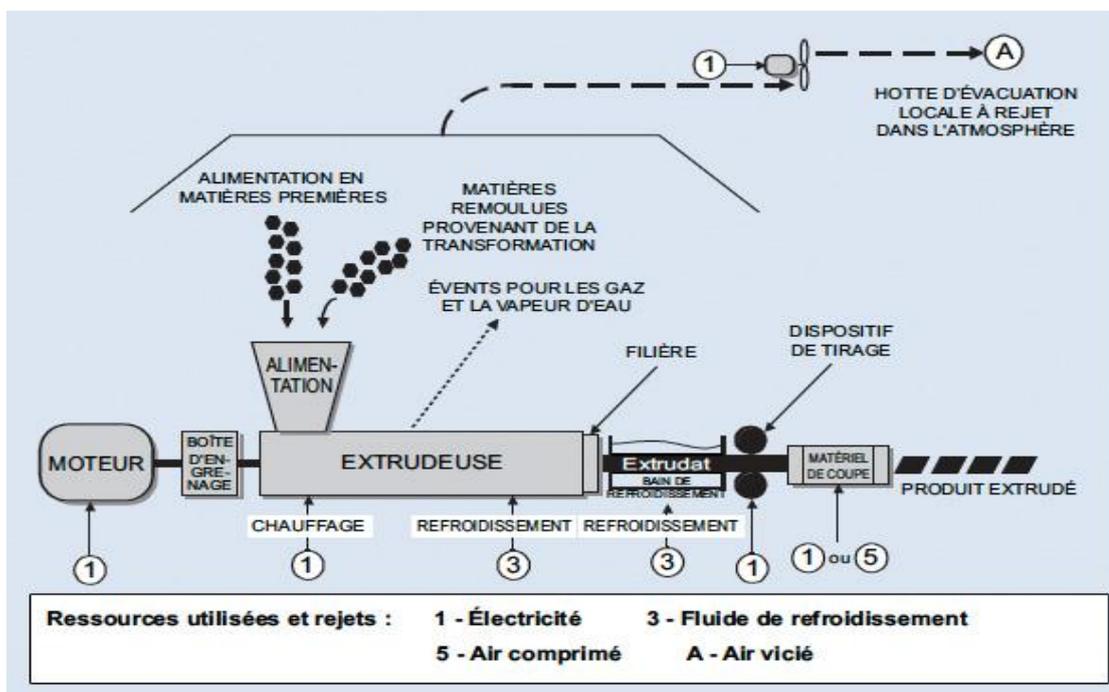


Fig I.3 ligne d'extrusion de profilés et de tubes

4. Extrusion-soufflage

Il s'agit d'une méthode qui permet de produire des contenants creux de différentes capacités. Une fois que la vis sans fin a poussé la matière, celle-ci se transforme en un tube appelé « paraison ». On place la paraison dans un moule de soufflage et on utilise de l'air pour faire adhérer la matière à l'empreinte du moule. L'objet est figé dans sa forme finale une fois refroidi, et le moule s'ouvre pour tirer la pièce [2].

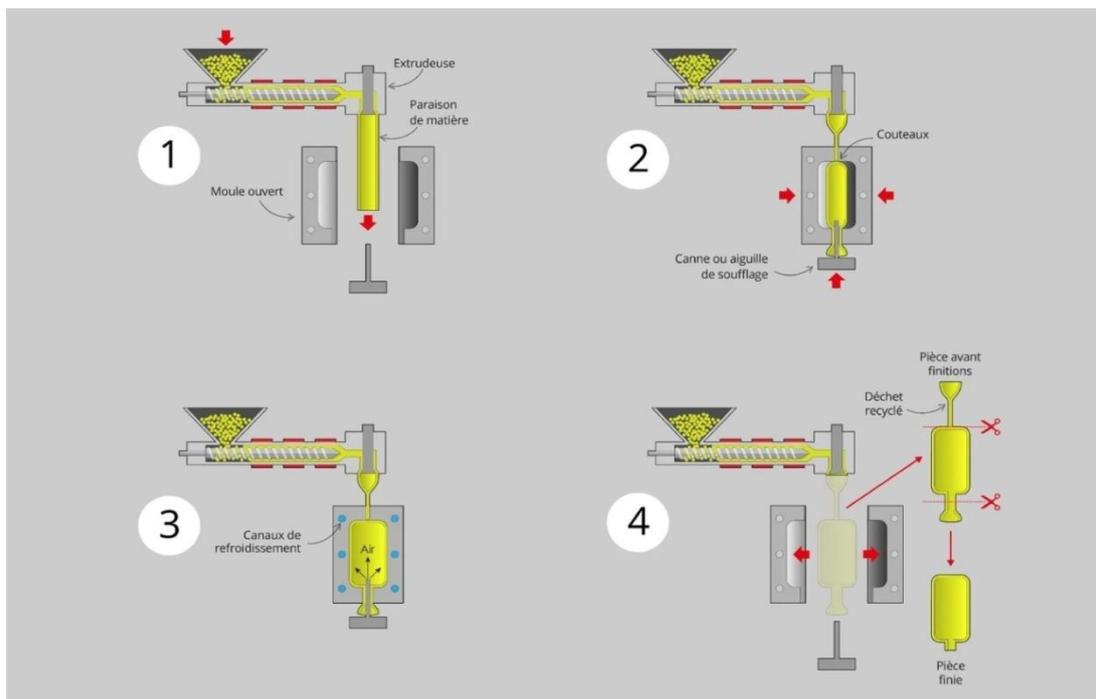


Fig I.4 ligne d'extrusion-soufflage

I.1.3 Définition d'une extrudeuse plastique

Le rôle d'une extrudeuse en plastique est de transporter, plastifier et homogénéiser les matières premières sous forme de granulés (polymères thermodurcissables), puis de presser la masse fondue sous haute pression dans la tête de soufflage grâce au changeur de filtre pour créer un film tubulaire. Chaque extrudeuse effectue trois actions principales :

- Elle déplace, le long du cylindre, la matière depuis le point d'alimentation jusqu'à la filière
- Elle la plastifie par le malaxage et la chaleur extérieure
- Elle augmente progressivement la pression de la matière et la force à traverser la filière, qui lui donne la forme figée [3].

I.1.3.1 Les différents types d'extrudeuse

On peut trouver différents types d'extrudeuses sur le marché. Les extrudeuses bivi et les extrudeuses mono-vis sont les deux principales catégories de machines. L'option choisie est déterminée par l'opération à réaliser et les résultats à atteindre. Il convient de souligner qu'il y a aussi des extrudeuses manuelles [2].

1. Extrudeuse mono-vis

L'extrudeuse mono-vis est un type de pompe d'injection plastique principalement employé comme extrudeuse continue lors de l'extrusion de polymères. Une extrudeuse à vis unique a pour principale fonction d'introduire progressivement une pression dans la fusion du polymère pour permettre l'extrusion du polymère à travers la filière. Ces extrudeuses sont assez abordables et nécessitent peu de maintenance. Leur simplicité et leur facilité de sortie permettent une sortie continue de matériaux tels que le HDPE, le LDPE et le PP, ce qui les rend très populaires dans le domaine du recyclage des produits en plastique. Au fur et à mesure que la conception des vis d'extrusion s'est améliorée au fil du temps, il est également possible de trouver sur le marché des extrudeuses mono-vis équipées de vols secondaires pour une fusion plus rapide [2].

Avantages

- Moins de cisaillement
- Haut débit
- Meilleur pour extruder des matériaux courants par rapport aux extrudeuses à double vis
- Beaucoup moins cher que les autres extrudeuses
- Peut être utilisé dans des opérations pour une large gamme de types de matériaux différents

Inconvénients

- Performances d'alimentation limitées
- Processus inadaptés en raison de difficultés lors du mélange de matériaux tels que la pâte ou la poudre

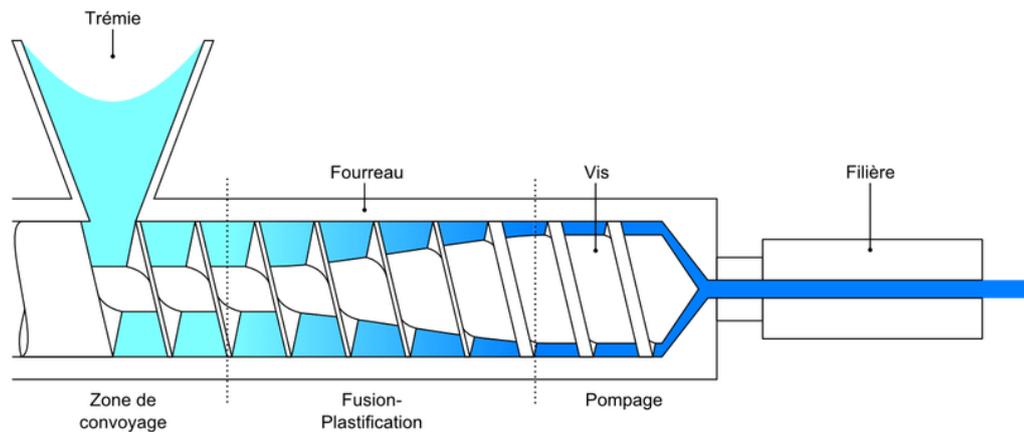


Fig I.5 extrudeuse mono-vis

2. Extrudeuses à double vis

Elle sert à l'extrusion de plusieurs couches et peut atteindre un débit de plus de 1 000 kg/h. Elle est constituée de deux vis Co-rotatives parallèles enchevêtrées installées sur les arbres afin de garantir un transport, une compression, un mélange, une cuisson, un cisaillement et un chauffage efficaces. Les extrudeuses à double vis sont très appréciées, avec une valeur marchande estimée à 253,5 millions de dollars américains [2].

Avantages

- Bon auto nettoyage lors du frottement mutuel des vis
- Pratique pour observer l'usure de l'élément fileté pour un remplacement rapide et efficace
- Réduction des coûts de production
- Amélioration de l'efficacité du travail de la maintenance et des interruptions de production pendant l'utilisation
- Couple élevé, vitesse élevée et faible consommation d'énergie
- Rendement élevé et haute qualité par rapport aux extrudeuses mono-vis

Inconvénients

- Taux de décharge élevé
- Forte usure du canon et du bord de la vis dans la zone d'engrènement
- Vis et corps coûteux de l'extrudeuse conique à double vis
- Moins de chaleur produite dans le baril

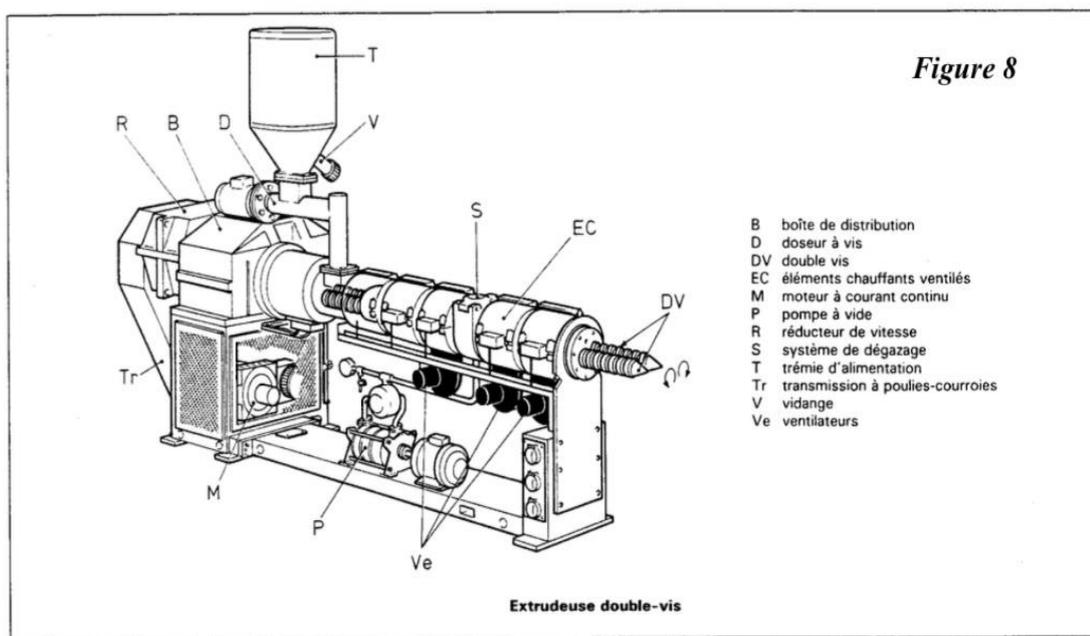


Fig I.6 Extrudeuses à double vis

3. Extrudeuse spécial

Les résultats de mélange exceptionnels obtenus sur les extrudeuses double-vis ont incité les fabricants à concevoir des machines (dérivées de ces dernières) qui peuvent assumer simultanément différentes fonctions telles que : mélange, malaxage, dégazage, incorporation de charges et de renforts, granulation et même permettant d'obtenir des réactions chimiques en continu. Ces procédés peuvent être utilisés pour :

- la fabrication des plastiques techniques (stabilisation, coloration, plastification, dégazage, granulation)
- la fabrication des "alliages" d'un polymère avec un second composant polymère (exemple: PE + PA, PPO + PS ou ABS + caoutchouc)
- la fabrication des compounds : plastiques mélangés à des composants minéraux, charges et renforts (exemple : fibre de verre, courte ou longue).

On peut utiliser directement l'extrusion compoundage dans la ligne de production de plaques en utilisant le calandrage.

Ces procédés nécessitent des machines de construction modulaire, avec des vis de différentes formes montées sur un arbre cannelé, avec des cylindres de longueur 4 à 6 D [2].

I.2 Le principe de fonctionnement d'une ligne d'extrusion-gonflage

I.2.1 Présentation de l'installation d'extrusion-gonflage de la machine OPTIMEX

L'installation d'extrusion-gonflage a pour rôle de produire des films plastiques gonflés en trois couches. Après la fusion et l'homogénéisation dans les trois extrudeuses, les différents courants de matière en fusion sont regroupés en plusieurs couches sur la tête de soufflage automatique et pressés à haute pression dans la buse annulaire. Pendant la procédure de tirage, l'anneau est créé en injectant un courant d'air extérieur et intérieur pour soutenir la matière en fusion qui sort de la fente de filière en anneau. Ensuite, il est gonflé au format nécessaire. Lorsque l'air intérieur et extérieur refroidit intensément, la température de la matière en fusion dépasse le point de cristallisation à la limite de gélification. La bulle sera tirée par un système de tirage et mise à plat, puis enroulée en bobine finie ou semi-finie selon la consigne [4].

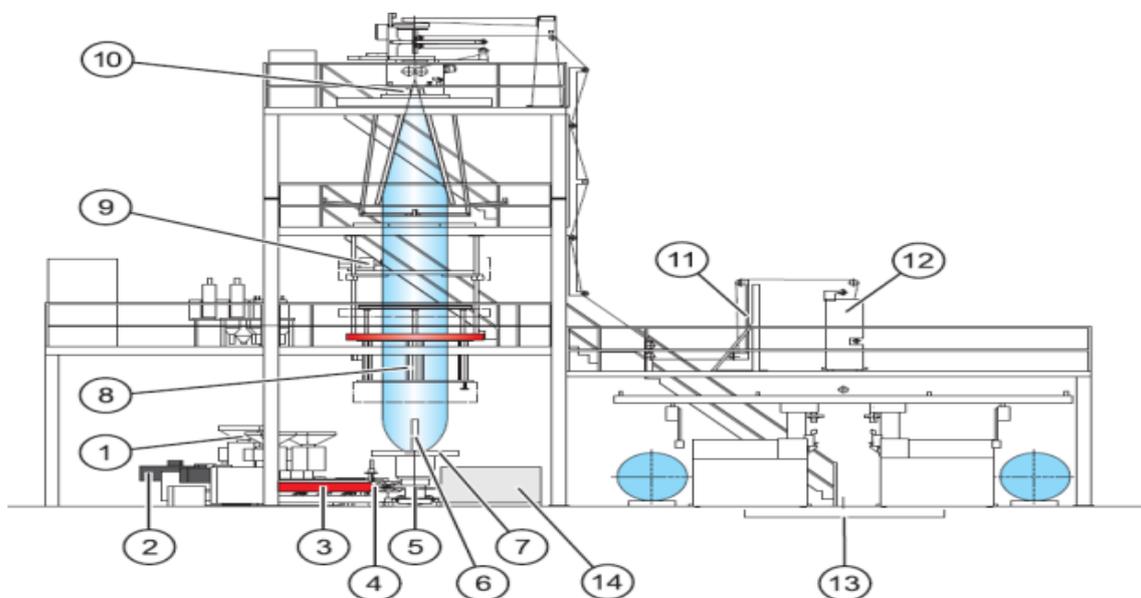


Fig I.7 ligne d'extrusion-gonflage

1	Dosage gravimétrique et régulation de débit	2	Moteur triphasé de l'extrudeuse
3	Vis sans fin d'alimentation et cylindre	4	Dispositif de changement de filtres
5	Tête d'extrusion automatique	6	Refroidissement intérieur du film
7	Refroidissement extérieur du film	8	Dispositif de calibrage de film avec réglage de bulle par ultrasons sans contact
9	Jauge d'épaisseur de film	10	Dispositif de tirage et de mise à plat réversible
11	Réglage ET centrage de bande.	12	Avancement du cylindre de refroidissement
13	Enrouleur tangentiel/axial	14	pupitre de commande

Légende de la Fig I.7

I.2.1 .1 Alimentation en matériaux et saisie du débit

1. Système de convoyeur à vide

La liaison entre l'installation d'extrusion et les réservoirs de matériau est assurée par le système de convoyeurs vide. Les trémies des différentes extrudeuses sont alimentées par des convoyeurs à vide avec des granulés plastiques, tels que des matières premières et des additifs.

Lors de la production par lots, on utilise des sacs, des fûts, des conteneurs ou des silos pour l'alimentation en vrac. Les granulés sont aspirés sous vide par le poste de transfert du vrac sur la conduite d'aspiration en direction du séparateur de matériau sur le convoyeur. À la fin du temps de transport, le compartiment de sortie s'ouvre et dépose le matériau dans la trémie. La trappe de sortie est également utilisée pour signaler l'appel de matériaux.

Un message de pénurie est envoyé par le contrôle de niveau automatique, ce qui active le cycle de transport suivant [7].

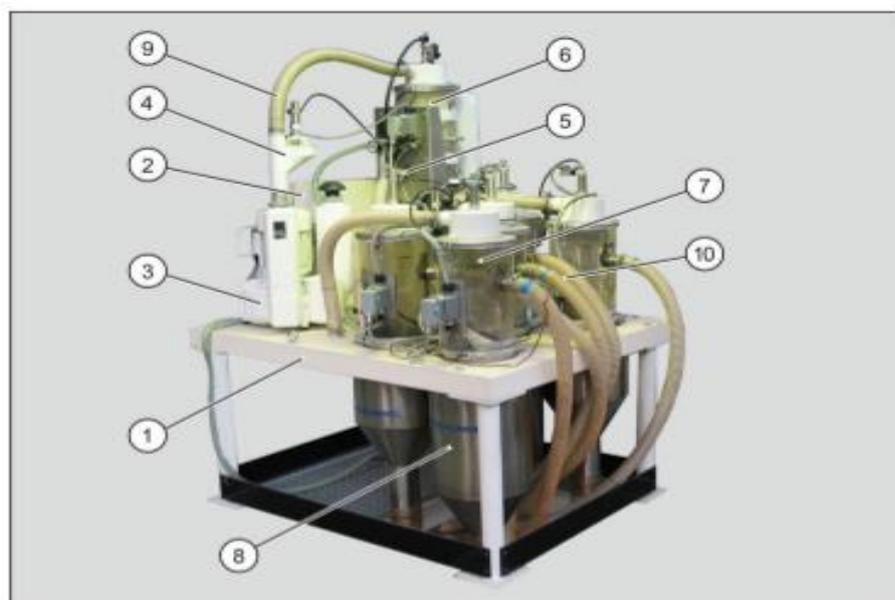


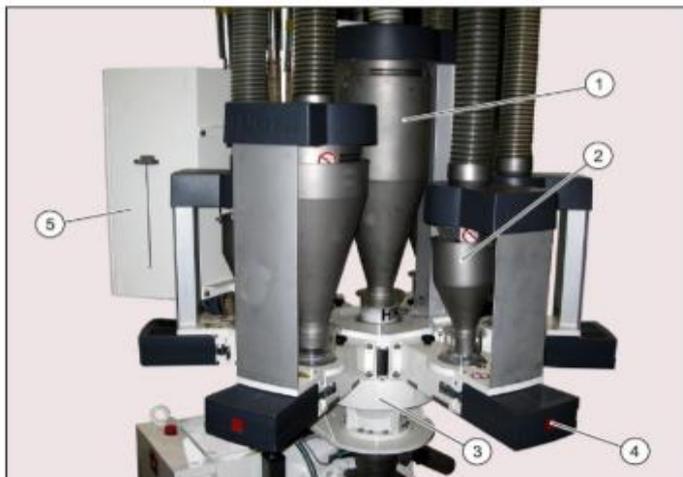
Fig I.8 Système de convoyeur à vide

1	Plat forme	6	Filtre central
2	Armoire de commande	7	Séparateur de matériau
3	Soufflante de compression annulaire	8	Trémie
4	Soupape de dérivation	9	Conduit de vide
5	Soupape de réglage de pression avec filtre de maintenance	10	Conduite d'aspiration

Légende de la Fig I.8

2. Dispositifs de dosage gravimétrique

Il est effectué en utilisant un appareil de mesure gravimétrique. Il est essentiel d'effectuer un réglage gravimétrique afin d'obtenir une épaisseur de film moyenne constante et reproductible. Pour cela, les appareils de dosage gravimétrique repèrent le matériau utilisé par chaque extrudeuse en saisie constante du poids. En ajustant la vitesse de la vis d'extrudeuse, on peut maintenir le poids au mètre constant du film en utilisant le débit de masse mesuré. Les composants principaux et secondaires sont pesés à l'aide d'un dosage gravimétrique afin de maintenir le taux du mélange constant. On mélange définitivement les matières premières (composants principaux et secondaires) et on les envoie vers l'extrudeuse [7].



1	Composants principaux de la trémie de pesée
2	Composants auxiliaires de la trémie de pesée
3	Chambre de mélange
4	Doseur à vis sans fin
5	Armoire de commande

Fig I.9 Dispositifs de dosage gravimétrique

Légende de la Fig I.9

I.2.1 .2 Extrudeuse avec douille rainurée

La vis sans fin tourne lentement à l'intérieur de l'extrudeuse, comprimant et chauffant progressivement le matériau à mesure qu'il progresse le long du canal d'extrusion. Le matériau est fondu par la pression et la chaleur produites par le frottement et les colliers chauffants, ce qui le rend visqueux et malléable. La vis sans fin continue de pousser le matériau fondu (le Melt) le long du canal d'extrusion, assurant ainsi un transport régulier et une homogénéisation du matériau. Cela assure une composition uniforme et des propriétés cohérentes dans le produit final. Une fois que le matériau a atteint la fin du canal d'extrusion, il est poussé à travers une filière, une pièce métallique avec une ouverture de forme spécifique qui détermine la forme du produit final. La pression exercée par la vis sans fin force le matériau à travers cette ouverture, lui donnant ainsi sa forme définitive [7].

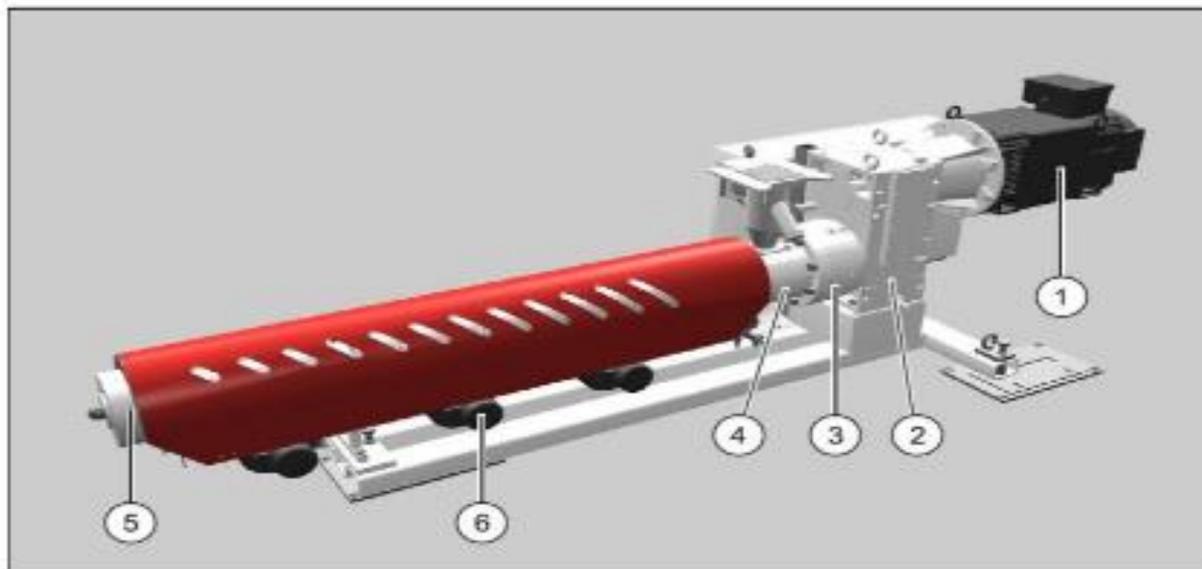


Fig I.10 Extrudeuse avec douille rainurée

1	Moteur asynchrone à courant Triphasé	4	Orifice de remplissage avec douille d'alimentation
2	Engrenage d'extrudeuse	5	Unité de fusion (cylindre et Vis de transport)
3	Palier de butée	6	Élément chauffage-refroidissement

Légende de la Fig I.10

La vis de l'extrudeuse est divisée en plusieurs zones fonctionnelles de longueur variable :

- Zone d'alimentation
- Zone de plastification
- Zone de cisaillement et de barrage
- Zone d'éjection
- Zone de mélange

Il y a plusieurs zones de chauffage dans le cylindre d'extrudeuse (3, 6 ou 5 zones en fonction des dimensions de l'extrudeuse), où la température est maintenue constante grâce à plusieurs régulateurs, en fonction d'un programme de température spécifique en fonction des caractéristiques des matériaux. Les éléments chauffants électriques assurent le chauffage, tandis qu'une soufflante d'air frais permet le refroidissement. La température du cylindre est maintenue en augmentant dans le sens de l'écoulement.

La zone de barrière ou de cisaillement est présente dans les vis d'extrudeuse, en fonction du travail de l'extrudeuse et du matériau à plastifier [6].

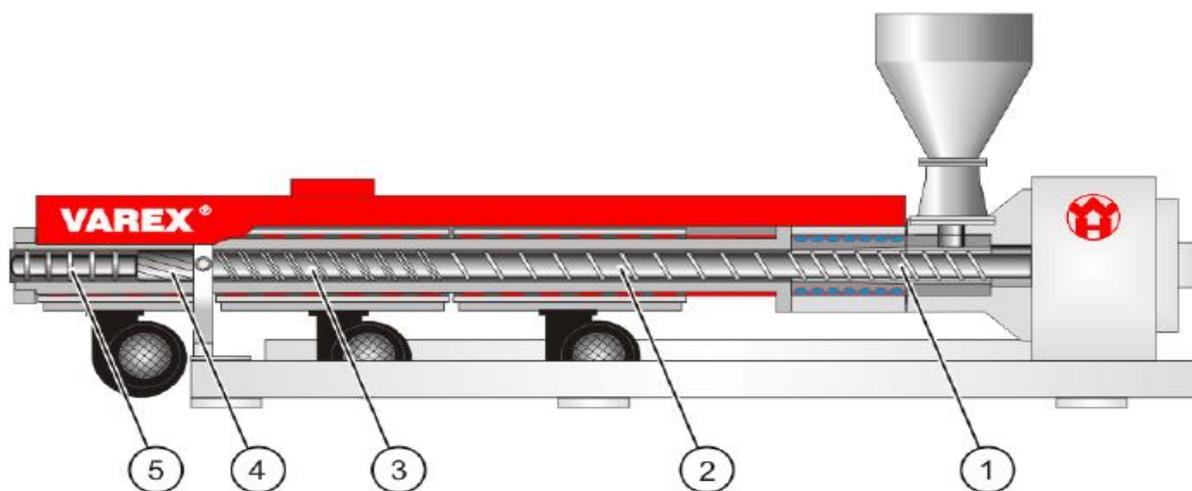


Fig I.11 les différentes zones de l'extrudeuse

1	Zone d'alimentation	4	Zone de cisaillement
2	Zone de plastification	5	Zone de mélange
3	Zone de barrage		

Légende de la Fig I.11

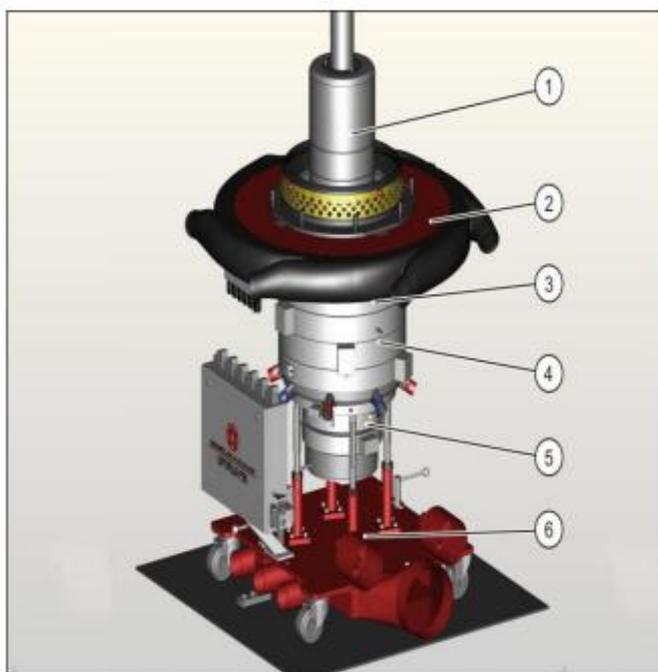
I.2.1 .3 Tête de soufflage à trois couches

La tête de soufflage est l'outil de formage de la ligne d'extrusion, elle est alimentée par les différents flux de matière plastique fondue (polyéthylène et additifs), sous haute pression en provenance de trois extrudeuses (A, B, C).

- La principale(B) : possède un grand diamètre, et approvisionne la tête avec une plus grande quantité de matière fondue. Cette dernière va sortir à travers un orifice circulaire et formera une couche circulaire qui sera donc la plus épaisse du film plastique produit.
- Les deux autres (A, C) : seront donc de diamètre inférieur à la principale, et la production du film plastique sera en deux couches qui vont être collé sur la couche principale sur les deux côtés interne et externe.

Les trois couches formées créeront ainsi un ballon circulaire qui sera refroidi en aspirant vers l'extérieur à travers des tuyaux l'air chaud intérieur émis par le film, puis soufflé sur le film avec de l'air froid provenant de l'extérieur. La fonction de la tête de soufflage consiste à transformer le Melt extrudé provenant des

filières de ces extrudeuses en une structure tubulaire plus étendue, en souffler de l'air à l'intérieur afin d'augmenter son diamètre et de contrôler son épaisseur. Elle est équipée de mécanismes sophistiqués pour contrôler l'épaisseur du film plastique produit, ainsi que de systèmes de contrôle avancés pour surveiller et ajuster en temps réel les paramètres de soufflage tels que la pression de l'air, la vitesse de soufflage et la température [5].



1	Refroidissement intérieur du film
2	Refroidissement extérieur de film
3	Filière
4	Répartiteur principal de matière fondue
5	Répartiteur primaire de matière fondue
6	Chariot de support

Fig I.12 Tête de soufflage à trois couches

Légende de la Fig I.12

I.2.1 .4 Réglage du profil et dispositif de calibrage du film

Un dispositif de mesure d'épaisseur capacitif d'une précision de 0,001 mm est utilisé pour évaluer la tolérance d'épaisseur de la bulle de film. La surface extérieure de la bulle est parcourue en sens inverse par l'appareil de mesure d'épaisseur. Les différentes parties de l'anneau de refroidissement sont équipées d'une cartouche chauffante pour chaque segment. Un ordinateur industriel examine les données mesurées et les applique aux diverses parties du processus de refroidissement. Chaque anneau de refroidissement est muni de 48 à 104 cartouches chauffantes (régulation OPTIFIL P2K) en fonction de sa taille. Les différents segments de refroidissement avec cartouche chauffante sont disposés de manière symétrique, ce qui permet d'avoir une influence locale sur la température de la bulle de feuille à la sortie de la fente de tuyère en modifiant la température de l'aire de refroidissement de manière modulée [7].

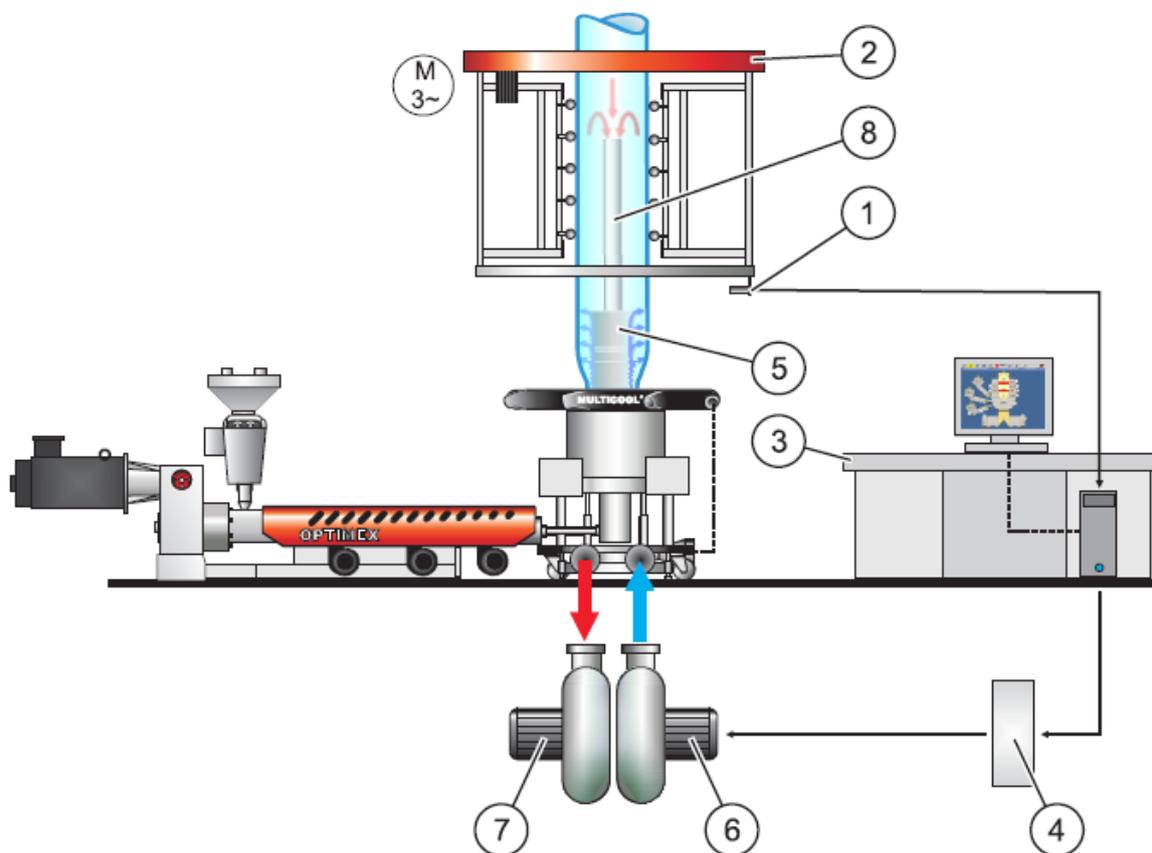


Fig I.13 Réglage du profil et dispositif de calibrage du film

1	Détecteur a ultrasons	2	Corbeille de calibrage avec moteur-réducteur pour le réglage du diamètre
3	Pupitre de commande avec ordinateur PC industriel et écran	4	Convertisseur de fréquence
5	Soufflante d'air frais intérieur	6	Dispositif de refroidissement intérieur à étage
7	Soufflante d'air d'évacuation intérieur	8	Tube d'évacuation d'air intérieur

Légende de la Fig I.13

1. Le détecteur à ultrasons

Il est placé sur la partie fixe de la corbeille de calibrage et détecte le diamètre actuel de la bulle à la hauteur du balayage, ca plage de mesure est comprise entre 200 et 1500 mm. Il faut respecter l'écart minimal de 200 mm entre le détecteur et le diamètre maximum de la bulle du film il mesure le diamètre actuel de la bulle du film. Le signal de mesure est analysé par le PC industriel du pupitre de commande. Le processus de réglage implique la comparaison entre la valeur actuelle du diamètre de la bulle du film et la valeur indiquée. Le réglage direct de la

vitesse de soufflante d'évacuation d'air permet de compenser les disparités. La soufflante d'évacuation d'air intérieur est réglée par un convertisseur de fréquence, ce qui permet de réguler l'air d'évacuation intérieur sur le tube d'évacuation intérieur. L'encodeur de valeurs absolues mesure le diamètre instantané de la corbeille de calibrage mobile à moteur [7].

2. Dispositif de calibrage

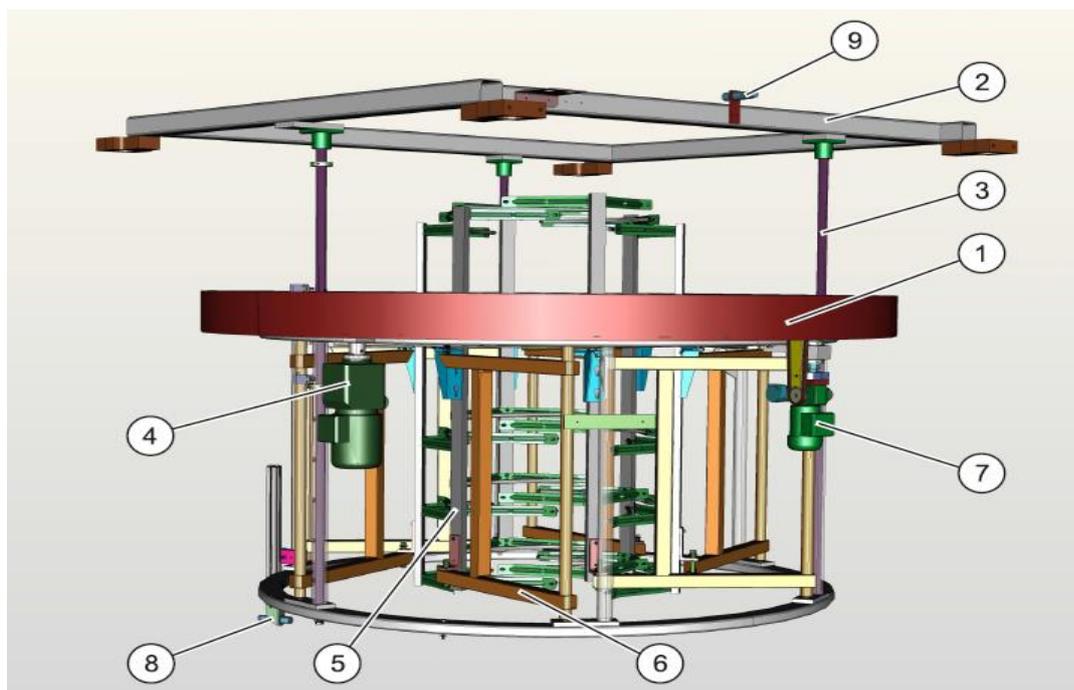


Fig I.14 le Dispositif de calibrage

1	Corbeille de calibrage	2	Châssis porteur
3	Broche filetée	4	Motoréducteur pour réglage de la hauteur
5	Support avec segments de guidage	6	Bras de levier
7	Moto-réducteur pour réglage du diamètre	8	Détecteur à ultrasons
9	Détecteur de rupture de bande	/	/

Légende de la Fig I.14

Le système de calibrage du film est constitué de la corbeille de calibrage (1) et du châssis porteur (2), qui sont fixés à la tour d'extrusion à l'aide de 4 tubes porteurs. La corbeille de

calibrage est réglée en continu à l'aide de 3 broches filetées (3) et du motoréducteur (4). Pendant cette opération, le film tubulaire traverse la corbeille de calibrage de manière verticale, de bas en haut, et il est ceinturé et soutenu par plusieurs supports équipés de segments de guidage (5). Les bras de levier (6) sont munis de nombreux petits rouleaux de téflon pour les éléments de guidage. Afin de régler le diamètre de la corbeille de calibrage, les bras de levier rotatifs sont pivotés en même temps vers l'intérieur et l'extérieur, en synchronisation avec les porte-segments de guidage. Les bras de levier sont entraînés par une chaîne par le motoréducteur (7). Il est possible de régler la corbeille de calibrage en permanence entre un diamètre minimal et maximal. Un détecteur à ultrasons réglable en hauteur (8) détermine en continu le diamètre du film tubulaire et transmet le signal de mesure au réglage de bulle (refroidissement du film). Au-dessus du châssis porteur de la corbeille de calibrage, on trouve le détecteur de rupture de bande (9) qui surveille le défilement de bande [7].

Une déchirure de bande provoque les effets suivants :

- Les extrudeuses sont arrêtées.
- Les entraînements de la bande sont arrêtés
- La bobineuse est arrêtée.

I.2.1 .5 Tirage de la gaine - Mise à plat – Tirage à réversion

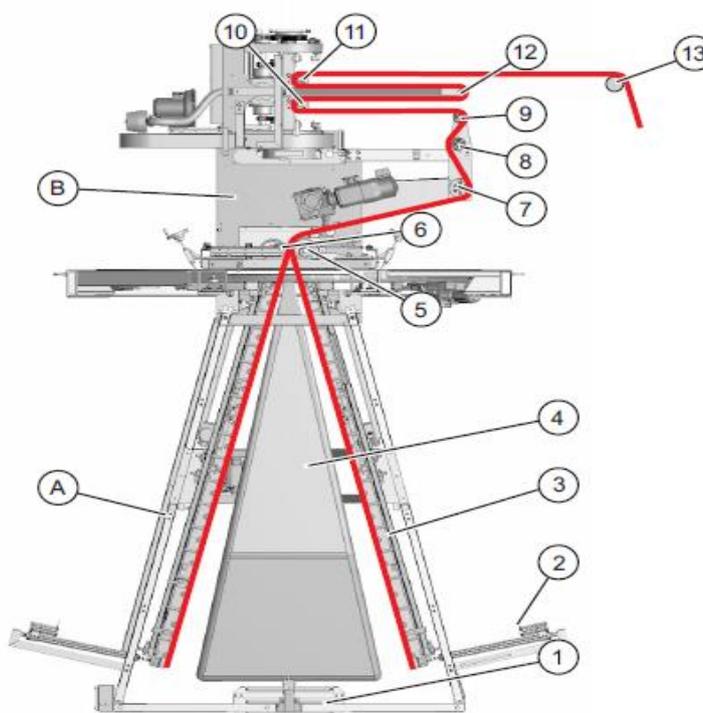


Fig I.15 tirage de la gaine et mise a plat

A	Mise à plat	B	Tirage de la gaine à réversion
1	Guidage central de la gaine	2	Réglage de l'angle de mise à plat
3	Grille de mise à plat avec rouleaux de guidage	4	Triangle latéral bois
5	Cylindre de tirage en acier.	6	Cylindre de pression.
7	Cylindre déflecteur, refroidi.	8	Cylindre de guidage.
9	Cylindre de guidage.	10	Barre de retournement pneumatique inférieure.
11	Barre de retournement pneumatique supérieure.	12	Cylindre de guidage.
13	Cylindre de décharge.	/	/

Légende de la Fig I.15

Le système de tirage de la gaine se divise en deux systèmes essentiels :

1. La mise à plat

En passant par le guidage central de la gaine (1), le film tubulaire se déplace verticalement depuis le bas pour s'introduire dans le dispositif de mise à plat. Les grilles de mise à plat (3) permettent de rendre le film tubulaire plat en formant deux couches.

Les entraînements linéaires permettent de régler le guidage central de la gaine et l'angle des grilles de mise à plat. Les broches permettent de régler les profilés bois et les planches à soufflets latéraux par commande moteur. Les grilles de mise à plat sont modulaires et peuvent être constituées (selon votre préférence) de :

- Mise à plat avec rouleaux
- Mise à plat avec profilés de bois
- Mise à plat avec rouleaux et profilés de bois supplémentaires
- Mise à plat avec planches à soufflets latéraux

Les planches à soufflets latéraux (4) guident le film tubulaire latéralement entre les grilles de mise à plat (3) et introduisent le soufflet latéral.

2. La réversion

La réversion assure une pression constante sur le film montant en état plat (5) et (6), et permet de réguler sa température grâce aux deux barres de retournement pneumatique (10) et (11), en refroidissant constamment le film plastique [7].

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons approfondi notre compréhension de l'extrusion et de ses diverses techniques, qui permettent d'extruder divers types de produits tels que le film plastique à l'aide d'une extrudeuse classée en deux types : la mono-vis et la bivirus. Dans un second temps, nous avons abordé le fonctionnement d'une ligne d'extrusion gonflage et ses divers compartiments.

CHAPITRE II

Un enrouleur: constitution et principe de fonctionnement

II .1 Introduction

Dans une ligne d'extrusion gonflage, l'enrouleur de bobines est un composant essentiel qui assure un enroulement efficace et de haute qualité du film plastique. L'importance de l'enrouleur de bobines réside dans le fait qu'il permet de stocker le film plastique produit de manière efficace, de faciliter sa manipulation ultérieure et de garantir sa protection contre les dommages.

II .2 Le rôle d'un enrouleur

En premier lieu, il est primordial de saisir le rôle essentiel de l'enrouleur de bobines dans le processus d'extrusion-gonflage. Après avoir soufflé et refroidi le film plastique pour former une bulle, il faut le rouler en bobine afin de faciliter sa manipulation et son stockage ultérieurement. Ainsi, le rôle de l'enrouleur de bobines est de recevoir, guider et enrouler le film plastique de manière régulière et bien organisée.

Afin de garantir un enroulement optimal du film plastique, il est essentiel de concevoir l'enrouleur de bobines en utilisant des éléments essentiels spécifiques. En premier lieu, il est essentiel que la vitesse de l'enrouleur soit parfaitement en adéquation avec la vitesse d'extrusion du film plastique. Il est donc indispensable d'utiliser des appareils de régulation de la tension et de la vitesse, comme des cellules de charge ou des capteurs de position, qui permettent de contrôler la vitesse de rotation de l'enrouleur en fonction de la vitesse d'extrusion du film. Il est essentiel de réaliser une synchronisation précise afin d'éviter tout étirement excessif du film ou tout effet de vague qui pourrait altérer sa qualité.

Par la suite, il est nécessaire d'équiper l'enrouleur de bobines d'un système de guidage précis. Grâce à ce système, le film plastique est régulièrement alimenté et centré sur le mandrin de l'enrouleur, ce qui assure un enroulement homogène et sans plis. Il peut s'agir de rouleaux, de flotteurs ou de bras oscillants qui modifient la position latérale du film plastique tout au long de l'enroulement. Il est également primordial de garantir une application adéquate de la tension du film plastique lors du processus d'enroulement. Il est possible que l'excès de tension entraîne des déformations du film ou des dommages à sa structure, tandis qu'une tension insuffisante peut entraîner un enroulement lent et des difficultés lors de la manipulation ultérieure. Ainsi, l'enrouleur de bobines est équipé de dispositifs de régulation de la tension, comme des freins mécaniques, pneumatiques ou électromagnétiques, qui donnent la possibilité de contrôler la force de tension appliquée sur le film plastique.

De plus, il est essentiel que l'enrouleur de bobines puisse effectuer des modifications rapides et précises de la bobine. Cela nécessite l'emploi de dispositifs automatisés de coupe et de soudure, qui permettent de couper le film plastique de manière uniforme et de le souder au début d'une nouvelle bobine sans perturber le processus de production. La mise en place de ces systèmes permet de diminuer les périodes d'arrêt de la ligne d'extrusion gonflage et d'améliorer l'efficacité globale de la production.

L'enrouleur de bobines joue donc un rôle crucial dans le processus d'extrusion gonflage en garantissant une rotation efficace et de qualité supérieure du film plastique fabriqué, il permet d'obtenir des bobines de film plastique régulières et structurées grâce aux systèmes énumère auparavant [8].

II.3 Constitution d'un enrouleur tangentiel /axial

II.3.1 Avancement du film vers l'enrouleur

Après avoir extrudé et gonflé le film plastique dans une ligne d'extrusion-gonflage, il est nécessaire de le rouler en bobines afin de faciliter sa manipulation, son stockage et son transport. Le processus de réception du film plastique implique de conduire le film jusqu'à l'enrouleur de bobines où il sera correctement enroulé, sans plis ni déformations [8].

II.3.1.1 Groupe de prétraitement

Le prétraitement Corona permet d'améliorer l'adhérence du film à la surface, ce qui facilite sa liaison avec d'autres matières comme l'encre ou la colle. Au cours du processus de prétraitement Corona, le film est traversé par un champ à haute tension entre le cylindre de prétraitement (2) et l'électrode (3). Dans ce champ haute tension, les molécules d'air sont ionisées, ce qui génère du gaz ionisé. À la surface du film, ce gaz se déverse et se manifeste sous la forme d'une pulvérisation violette. La surface du film qui est bombardée d'ions d'air subit une modification qui permet à la surface d'adhérer les encres d'impression. Deux cylindres de prétraitement sont utilisés dans le groupe de prétraitement, chacun avec deux électrodes, afin de traiter les deux faces du film. Le système comprend différents élément :

- Génératrice
- Station de travail Corona avec cylindres de prétraitement et électrodes
- Transformateurs haute tension (4)
- Aspiration de l'ozone [7].

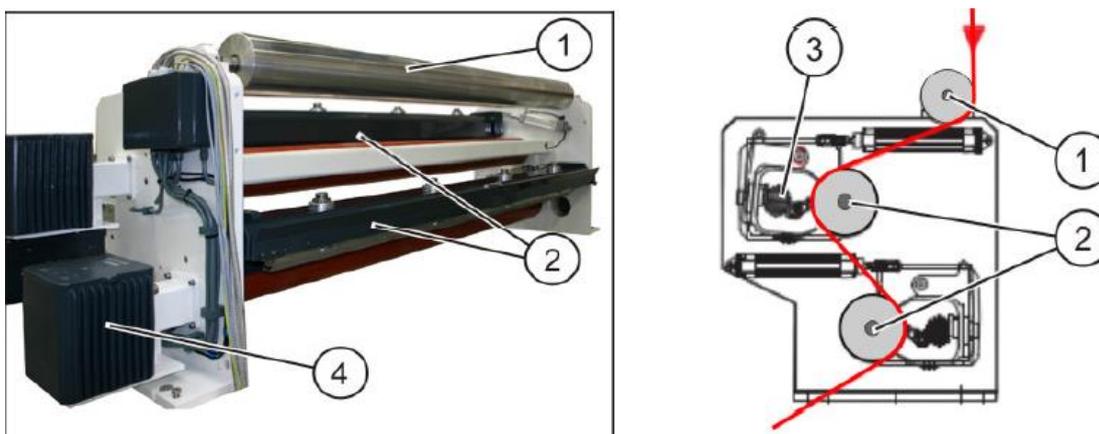


Fig II.1 groupe de prétraitement

1	Cylindre déflecteur
2	Cylindre de prétraitement
3	Electrode
4	Transformateur

Légende de la Fig II.1

II.3.1.2 Avance du film plastique

Après la mise à plat du film plastique, le film est envoyé vers les deux cylindres de refroidissement (3) et (7) où il sera refroidi une dernière fois avant d'être enroulé. Les deux cylindres (5) sont utilisés pour séparer le film mis à plat précédemment. Ils seront enroulés dans deux enrouleurs (A) et (B) après avoir coupé le film tubulaire dans la station de coupe des lisières (1), où les lames de coupe sont placées longitudinalement contre un cylindre des deux côtés du film [7].

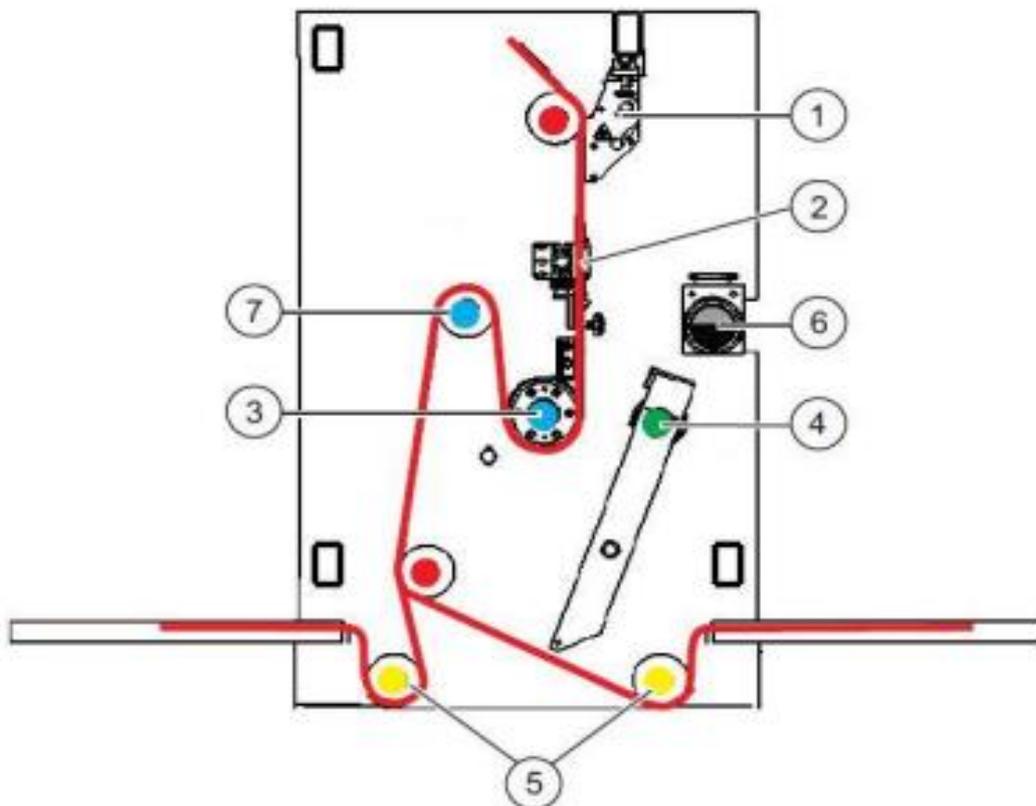


Fig II.2 l'avancement du film

1	Station de coupe des lisières	5	Cylindres de séparation
2	Dispositif de refente latérale	6	Aspiration des lisières
3	Cylindres de refroidissement menés	7	Cylindre de refroidissement
4	Cylindre de pression	/	/

Légende de la Fig II.2

II.3.2 Définitions d'un l'enrouleur tangentiel/axial de film plastique

Un enrouleur tangentiel/axial de film plastique est un appareil employé lors du processus d'extrusion gonflage afin de former une bobine de film plastique. Son objectif est de favoriser un enroulement précis et régulier du film, assurant ainsi sa qualité et sa gestion efficace tout au long de la production. Cet enrouleur fonctionne selon des principes particuliers qui sont indispensables pour saisir son rôle et son importance dans le processus de fabrication dans son ensemble.

En règle générale, l'enrouleur tangentiel/axial se compose d'un arbre sur lequel le film plastique est enroulé à mesure qu'il est extrudé. Selon le type de machine utilisée et les spécifications du processus d'extrusion gonflage, l'arbre peut être soit horizontal (enrouleur tangentiel) soit vertical (enrouleur axial). Les composants de l'enrouleur sont un mandrin, sur lequel le film est enroulé, et un système de guidage qui garantit l'arrivée précise du film sur le mandrin.

Le mandrin de l'enrouleur consiste en un cylindre creux autour du quel le film est enroulé de façon régulière. Son design permet d'assurer la stabilité du film tout en facilitant son enroulement ultérieur. Le mandrin peut varier en taille et en diamètre selon les caractéristiques du film. Il est nécessaire de prendre des mesures afin de garantir un enroulement serré et sans déformation excessive du film. Le film est positionné de manière précise et constante sur le mandrin grâce au système de guidage de l'enrouleur. Il est constitué de rouleaux de guidage, de bras rétractables et d'un dispositif de tension qui maintient le film tendu pendant l'enroulement. Le film est guidé par des rouleaux de guidage afin qu'il soit enroulé de manière homogène sur le mandrin, sans plis ni tensions excessives. Le mandrin peut être facilement installé et retiré grâce aux bras rétractables, qui fournissent un support solide pendant le processus d'enroulement. La force de traction exercée sur le film pendant l'enroulement est régulé par le système de tension. Il est nécessaire de le régler de manière à maintenir une tension constante sur le film, afin d'assurer un enroulement homogène et sans incohérence. Pendant l'enroulement, une tension incorrecte peut entraîner des plis, des déformations ou des ruptures du film, ce qui peut avoir un impact négatif sur la qualité du produit final.

En général, le système de contrôle numérique est utilisé pour automatiser le fonctionnement de l'enrouleur de film plastique. Pour obtenir un enroulement de qualité, ce système permet de modifier les paramètres de l'enrouleur, tels que la vitesse d'enroulement, la tension du film et le diamètre du mandrin. Il offre également la possibilité de surveiller et d'ajuster en temps réel l'enroulement pour prévenir tout souci.

En résumé, l'enrouleur en plastique est un élément essentiel d'une ligne de gonflage d'extrusion. Il a pour fonction de recevoir le film plastique et de l'enrouler de manière régulière et compacte sur un mandrin. Il est essentiel que l'enrouleur fonctionne correctement grâce à un système de guidage précis, un mandrin approprié et un contrôle de tension adéquat. La connaissance de la définition et du fonctionnement de l'enrouleur de film plastique permet de saisir l'importance capitale de cet équipement dans la fabrication de films plastiques de qualité supérieure [9].

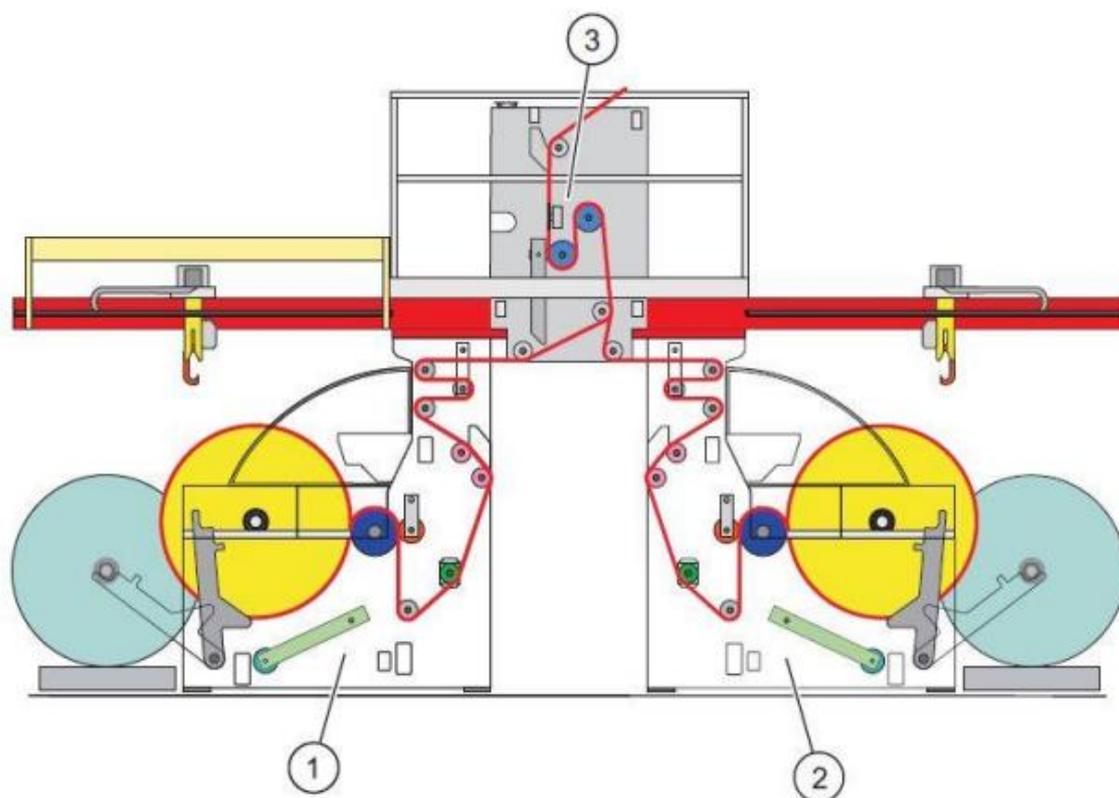


Fig II.3 Enrouleur tangentielle/axial de l'extrudeuse OPTIMEX

1	Poste de bobinage A
2	Poste de bobinage B
3	Avance de film

Légende de la Fig II.3

II.3.3 Les différents types d'enrouleurs

Différents enrouleurs sont employés dans l'industrie, chacun possédant ses propres caractéristiques et bénéfices.

L'enrouleur à tambour est le premier type d'enrouleur fréquemment employé. Le film plastique est enroulé de manière continue sur un tambour de cet enrouleur. Un moteur entraîne le tambour, garantissant ainsi un enroulement homogène et régulier du film. Il est possible d'utiliser l'enrouleur à tambour pour des films de diverses largeurs et épaisseurs, en fonction des exigences particulières de production.

L'enrouleur à axe est un autre type d'enrouleur employé. Il est muni d'un axe central sur lequel le film plastique est enroulé dans cet enrouleur. Le processus d'enroulement consiste à tourner l'axe à une vitesse adéquate, ce qui permet de réguler le niveau de tension du film tout au long du processus. On utilise fréquemment l'enrouleur à axe pour des films plus fins qui requièrent une tension précise afin d'éviter les déformations ou les dégâts.

L'enrouleur à bras est un troisième type d'enrouleur employé. Le bras rotatif de cet enrouleur sert à enrouler le film plastique sur un mandrin. Le bras circule autour du mandrin, garantissant un enroulement régulier et homogène du film. L'enrouleur à bras est fréquemment employé pour des films de grande taille ou des applications particulières où il est essentiel d'assurer un enroulement serré.

Outre ces catégories d'enrouleurs, il y a aussi des enrouleurs automatiques équipés de systèmes de contrôle et de surveillance sophistiqués. Des capteurs et des algorithmes sont employés par ces enrouleurs automatiques afin de mesurer et d'ajuster de manière automatique la tension du film, la vitesse d'enroulement et d'autres paramètres essentiels. Cela favorise l'amélioration du processus de tournage et garantit une qualité constante du film [10].

II.3.4 L'équipement de base d'un enrouleur

Les composants essentiels d'un enrouleur de film plastique peuvent varier en fonction du type d'enrouleur et de l'application spécifique. Cependant, de manière générale, voici quelques composants clés qui sont souvent présents dans un enrouleur de film plastique [7].

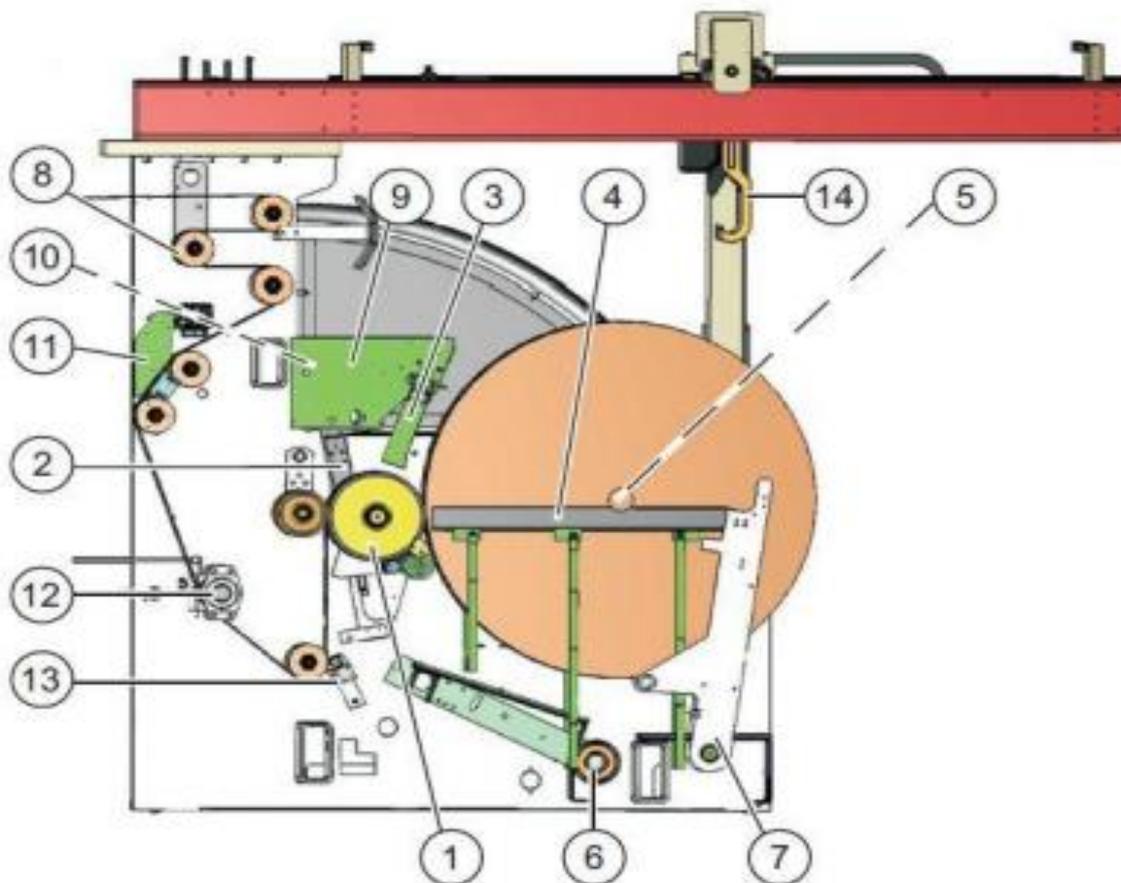


Fig II.4 Synoptique des groupes fonctionnels

*

1	Cylindre de contact	8	Réglage de la tension de bande
2	Système de changement de bobines	9	Dispositif d'insertion d'arbre de bobinage
3	Système de coupe transversale avec lame	10	Accélérateur des arbres de bobinage
4	Guide parallèle d'arbre de bobinage	11	Dispositif de coupe longitudinale
5	Entrainement central	12	Cylindre déplisseur courbé
6	Entrainement auxiliaire	13	Electrode de charge/décharge
7	Bras de dépose	14	Engin de levage

Légende de la Fig II.4

1. Dispositif d'insertion d'arbre de bobinage

Le dispositif d'insertion d'arbre de bobinage sert à placer l'arbre de bobinage sur la fourche de réception du système de changement de bobine.

Le montage de l'arbre de bobinage est effectué soit à la main, soit à l'aide d'un engin de levage. L'arbre de bobinage passe en général par les différents points du poste de bobinage dans l'ordre suivant :

- Dispositif d'insertion d'arbre de bobinage
- Système de changement de bobines
- Guide parallèle
- Bras de dépose [7].

2. Système de changement de bobines

L'opérateur de machine introduit directement le nouvel arbre de bobinage dans la fourche de réception du système de changement de bobines en position de reprise. L'arbre de bobinage est appuyé par commande pneumatique contre le cylindre de contact équipé de la bande de film au début du changement de bobine. Sous la bande de film, le cylindre déflecteur se déplace et la détache de la surface du cylindre de contact [7].

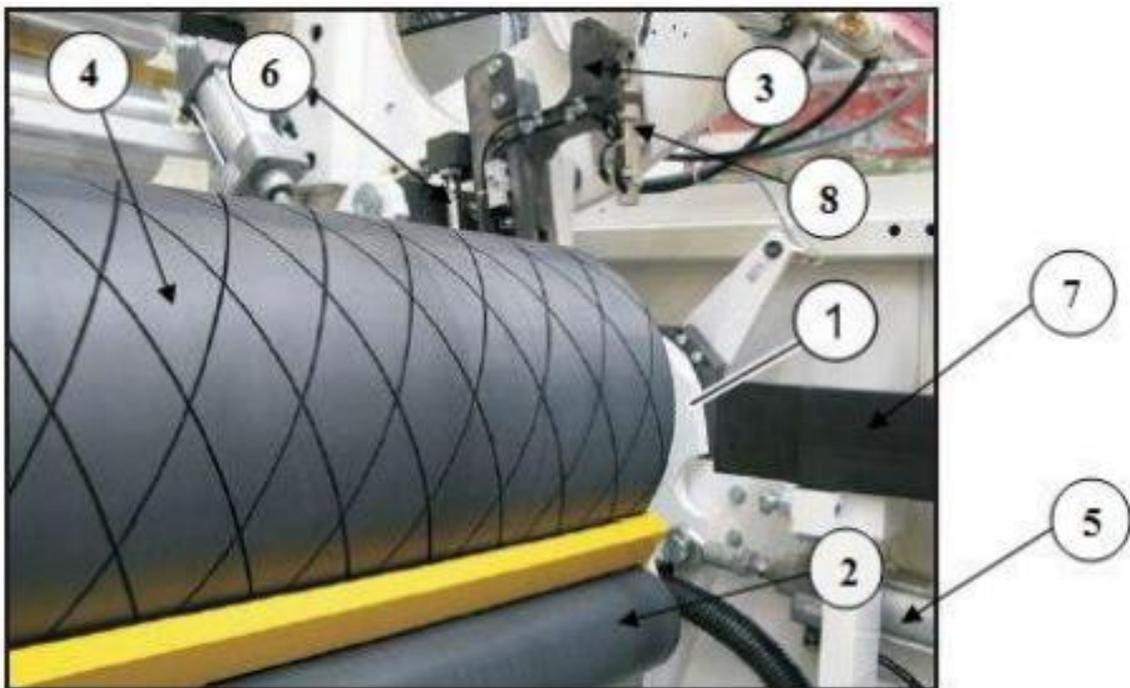


Fig II.5 Système de changement de bobines

1	Système de changement de bobines.	5	Vérin de réversion
2	Cylindre défecteur	6	Vérin de pose
3	Support porte arbre de bobinage	7	Guide parallèle de bobinage
4	Cylindre de contact	8	Petit vérin

Légende de la Fig II.5

3. Guide parallèle d'arbre de bobinage

L'arbre de bobinage est reçu par les deux lames à déplacement synchrone sur les deux faces (1), qui le déplacent sur les barres porteuses (2) en fonction de l'augmentation du diamètre de la bobine parallèlement au cylindre de contact en direction des bras de dépose (3). Des cylindres pneumatiques linéaires transportent la bobine de film. Un frein électromagnétique décélère la bobine de film et la maintient en position d'arrêt. Dans le mode 'Enroulage à contact', les cylindres pneumatiques appuient la bobine de film contre le cylindre de contact en fonction de l'effort de pression spécifié [7].

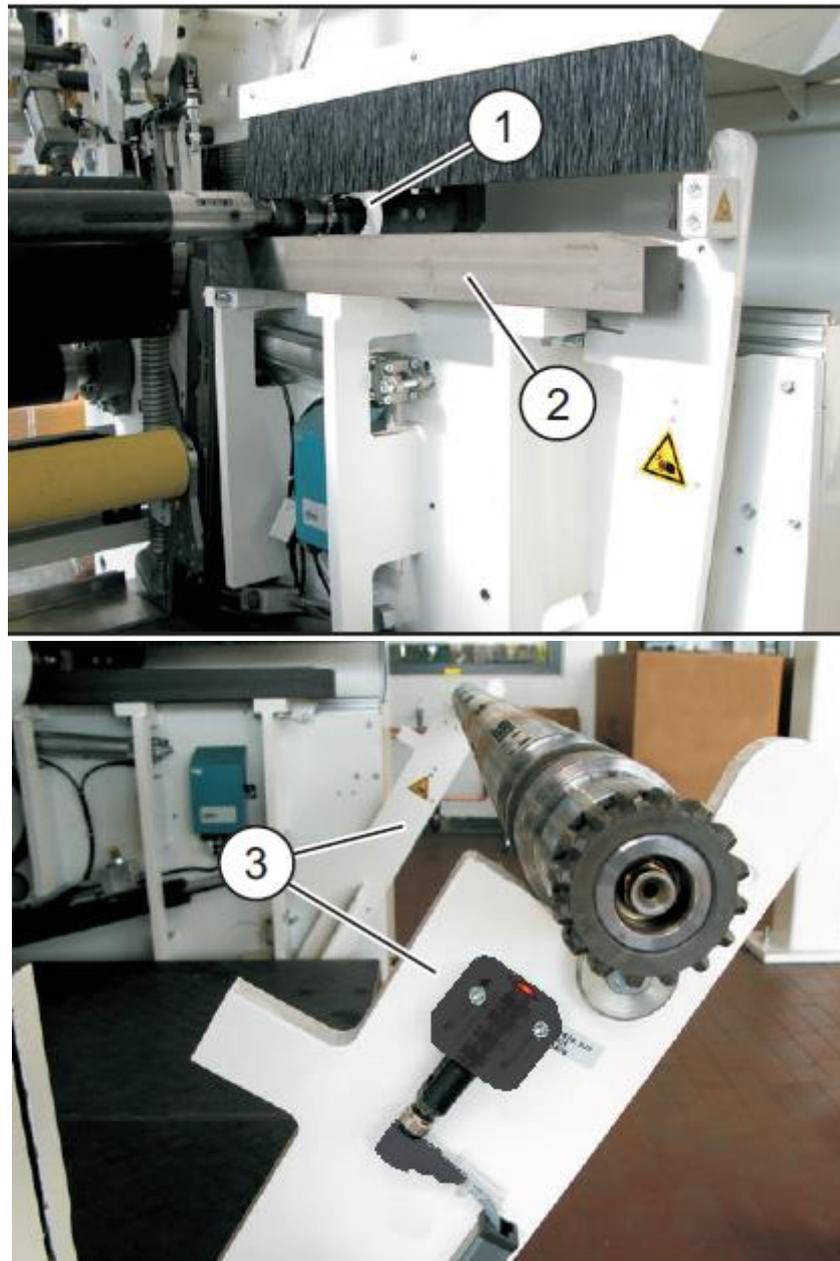


Fig II.6 Guide parallèle d'arbre de bobinage

1	Cliquets
2	Barres porteuses
3	Bras de dépose

Légende de la Fig II.6

4. Dispositif de dépose de bobine hydraulique

Les cliquets du guide parallèle se détachent de l'arbre d'enrouleur à l'extrémité des barres porteuses.

Des bras de dépose de bobine à commande hydraulique (1), reliés les uns aux autres au point de pivot, saisissent l'arbre d'enrouleur avec la bobine de film et le déposent en position inférieure grâce à une commande de balayage.

La présence d'un arbre d'enrouleur sur les bras de dépose est contrôlée par les capteurs (2). Les capteurs(3) surveillent la position des bras de levage ; Ces capteurs sont soumis à une surveillance de fonction automatique [7].

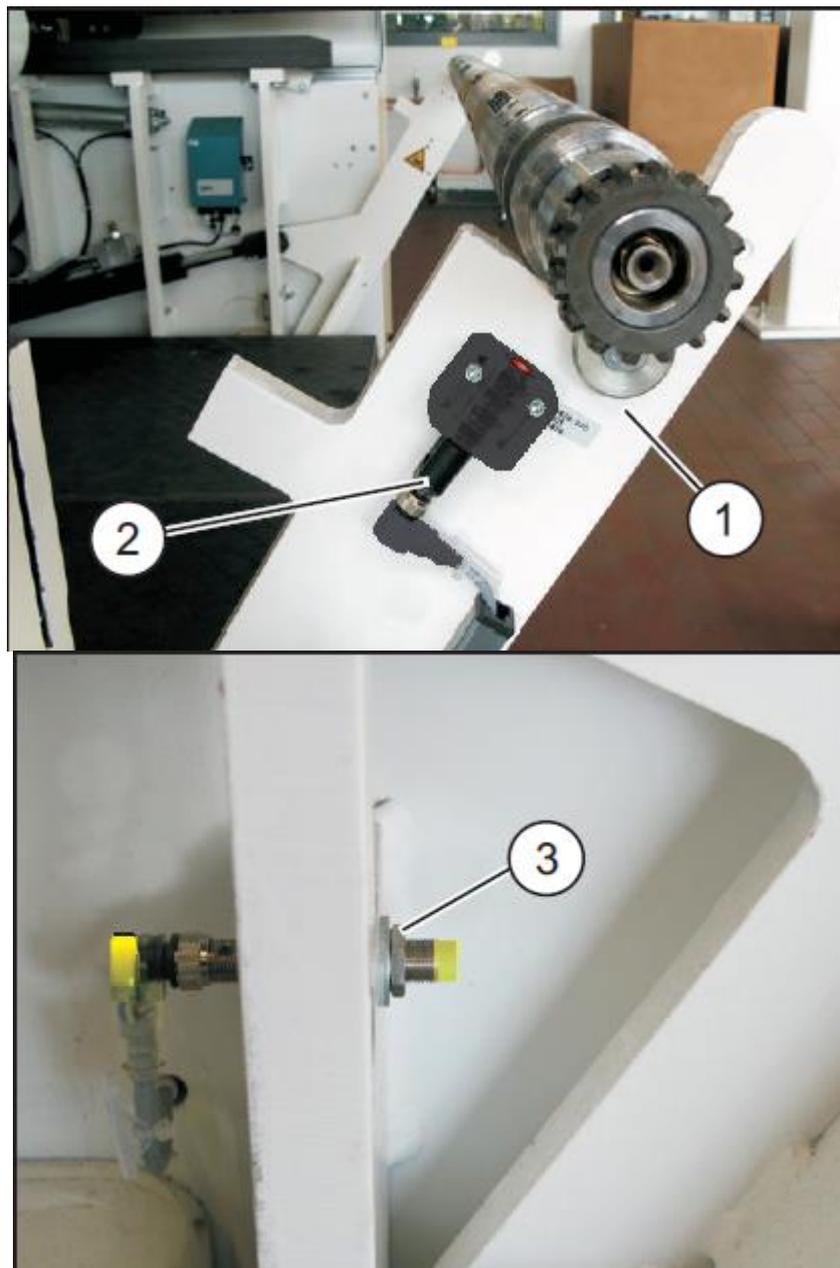


Fig II.7 Dispositif de dépose de bobine hydraulique

1	Bras de dépose
2	Capteur de contrôle d'affectation d'arbre d'enrouleur
3	Capteur de contrôle de position des bras de dépose

Légende de la Fig II.7

5. Dispositif de réglage de la tension de bande

La tension de bande est réglée afin de maintenir une tension constante à l'intérieur de limites prédéfinies. Le cylindre oscillant (1) ou le rouleau mesureur fou de traction de bande(2) sont tout les deux utilisés pour accomplir cette tâche.

Les cylindres de guidage conduisent la bande de film vers le cylindre oscillant (1). Les leviers oscillants sont équipés de cylindres pneumatiques qui génèrent l'opposé de l'effort de traction de bande, ce qui entraîne une tension de bande. Si l'effort de tension de bande croît ou diminue, le cylindre oscillant s'éloigne de sa position centrale verticale. La valeur de tension analogique correspondant à la position du cylindre oscillant est transmise par un capteur de course à l'électronique de réglage de l'entraînement du cylindre de contact. La vitesse de l'entraînement du cylindre de contact ou de l'entraînement central est donc modifiée et la valeur de traction instantanée de bande est ajustée pour atteindre la valeur de traction de consigne [7].

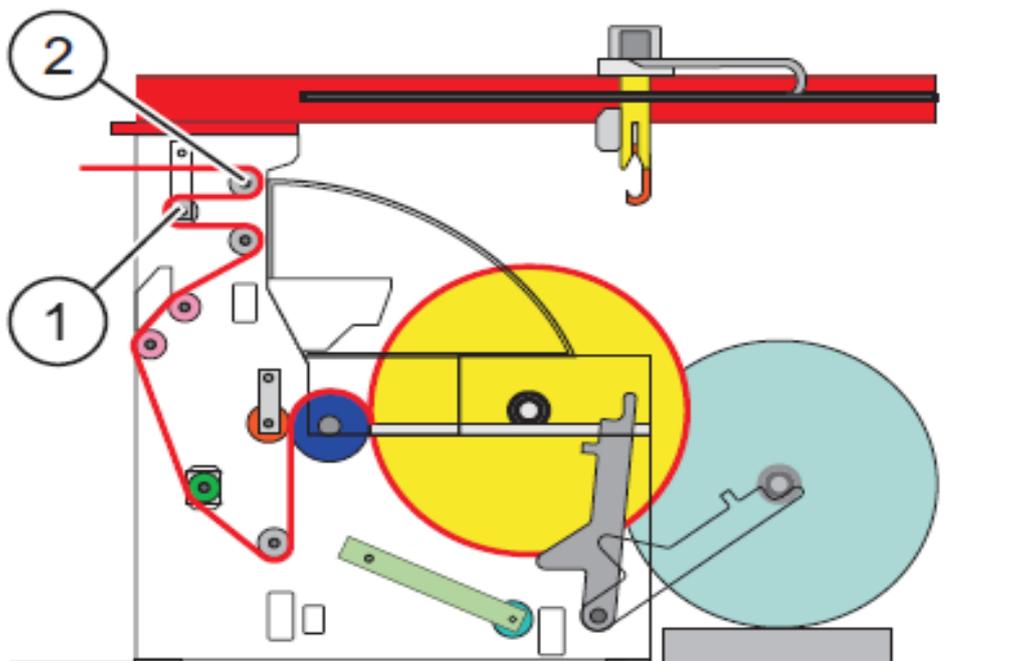


Fig II.8 Dispositif de réglage de la tension de bande

1	Cylindre oscillant
2	Cylindre fou de mesure de bande

Légende de la Fig II.8

6. Cylindre déplisseur courbé

Egalement appelé cylindre banane, leur objectif est d'éviter les plis de la bande de film plastique dans la machine lors de la production. Le cylindre déplisseur courbé est un cylindre de bobinage mené dont la hauteur et la position de la flèche peuvent être ajustées. La forme courbée du cylindre en contact avec l'enveloppement donne l'effet déplisseur. Il est possible de modifier l'effet déplisseur pendant la production en ajustant l'angle de plongée et la hauteur de la flèche [7].

7. Électrode de charge

Son rôle est de charger d'électricité statique le film passant immédiatement avant la coupe de sectionnement. Cette opération entraîne l'amélioration de l'enroulement du film sur le mandrin d'enrouleur [7].

8. Dispositif de levage

Grâce au dispositif de levage (2), les arbres de bobinage sont ramenés des bras de dépose vers le dispositif de réception. Afin de se déplacer dans l'axe, il est nécessaire de fixer le logement des arbres de bobinage (1) dans le dispositif d'arrêt (4). Il est possible de déplacer le dispositif de levage depuis l'extérieur en utilisant le pupitre de commande, sans entrer dans l'enceinte intérieure de la bobineuse [7].

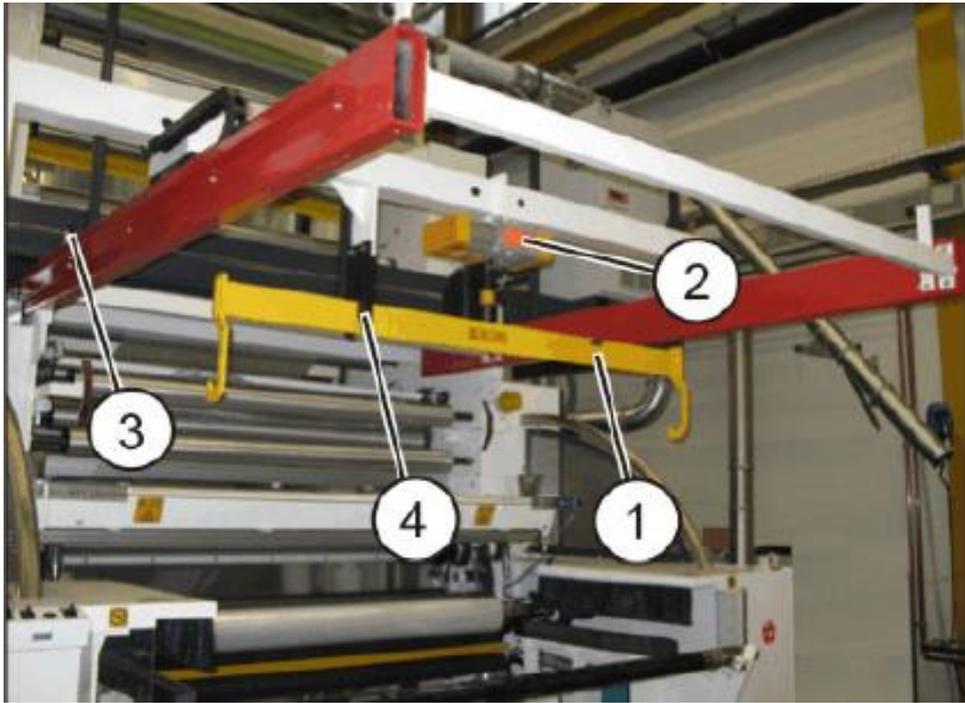


Fig II.9 Dispositif de levage

1	logement des arbres de bobinage
2	dispositif de levage
3	Interrupteur final
4	Blocage

Légende de la Fig II.9

9. Système de coupe transversale

Lors du changement de bobine, le système de coupe transversale permet de sectionner la bande de film à l'aide d'une lame à commande pneumatique (1) (coupe oblique) [7].



Fig II.10 Système de coupe transversale

1	Lame de coupe
---	---------------

Légende de la Fig II.10

La procédure de coupe transversale est comme suite une fois la bobine de film éloignée du cylindre de contact, le cylindre défecteur pivote de la position initiale (A) en position de coupe (B). Pendant cette opération, il presse la bande de film en position de coupe. Le couteau de coupe à commande pneumatique (2) sectionne la bande de film entre le nouvel arbre de bobinage (1) et le cylindre défecteur. Puis le cylindre défecteur revient en position initiale [7].

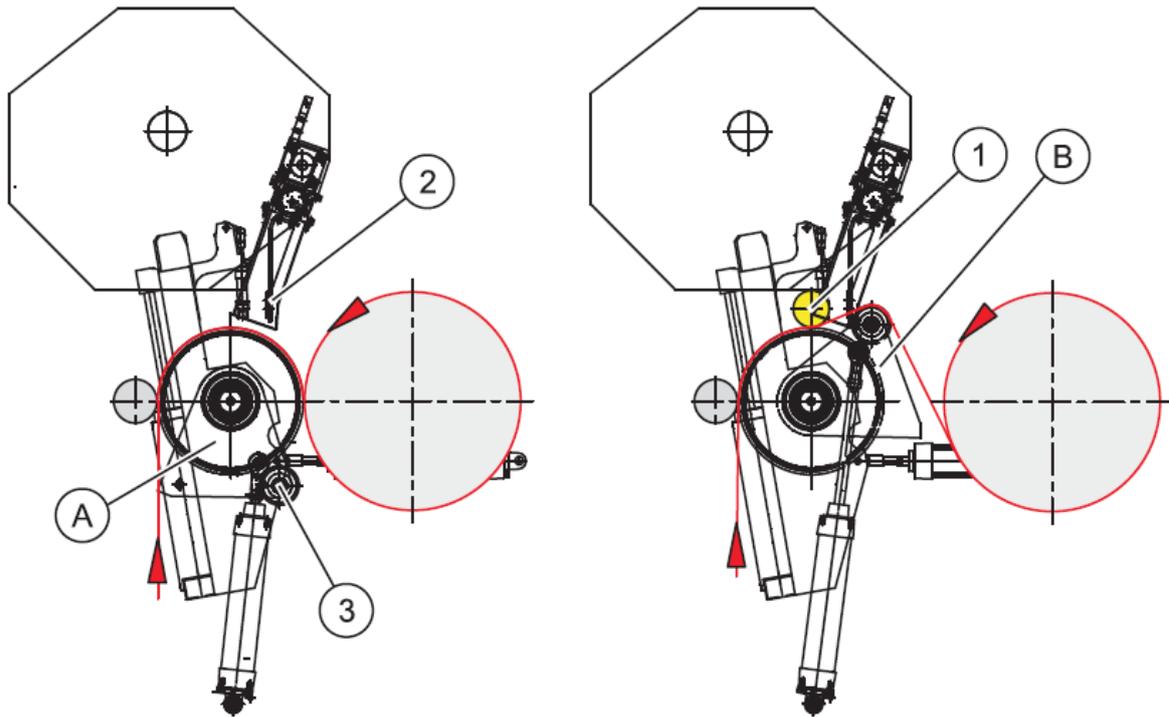


Fig II.11 procédure de coupe transversale

1	Arbre de bobinage	A	Cylindre déflecteur en position initiale
2	Lame	B	Cylindre déflecteur en position de coupe
3	Cylindre déflecteur pour coupe	/	/

Légende de la Fig II.11

10. Accélérateur des arbres de bobinage

Un motoréducteur à roue de friction encastrée est utilisé pour accélérer les arbres de bobinage. Par gravimétrie, l'unité est pressée en position de réception contre l'arbre de bobinage. Elle augmente la vitesse de bande de l'arbre de bobinage avant de se heurter au cylindre de contact [7].

II.4 Paramètres clés pour un enroulement efficace

II.4.1 Le contrôle de la tension du film plastique

Il est essentiel de maintenir une tension adéquate du film plastique pendant le processus d'enroulement pour prévenir les problèmes tels que le froissement, le plissage, la formation de vagues ou encore la déformation du film. Grâce à une régulation précise de la tension du film plastique, il est possible d'obtenir un enroulement constant, stable et de qualité.

Différentes méthodes sont employées afin de réguler la tension du film plastique pendant toute la durée du processus d'enroulement. Le système de régulation de tension est l'une des méthodes les plus répandues. Il s'agit d'un système qui comprend des rouleaux de tension comme le (Cylindre oscillant, Cylindre fou de mesure de bande) , des capteurs de tension et des actionneurs. La position des rouleaux de tension sur la ligne d'enroulement est cruciale et ils sont équipés de dispositifs permettant d'appliquer une force de tension régulée sur le film plastique. La tension réelle du film plastique est mesurée par des capteurs de tension qui envoient ces données à un système de contrôle. La force appliquée par les rouleaux de tension est ensuite ajustée par les actionneurs afin de maintenir la tension du film plastique à des niveaux optimaux [11].

II.4. 2 Le réglage de la vitesse d'enroulement

L'harmonisation de la vitesse d'enroulement avec la production de la ligne d'extrusion gonflage vise à garantir la synchronisation de la vitesse à laquelle le film plastique est enroulé sur la bobine avec la vitesse de production de la ligne. Il est crucial de procéder à ce processus afin de maintenir une tension homogène sur le film pendant l'enroulement et d'éviter tout abus ou déficit de matière. Le manque d'harmonie dans l'enroulement pourrait causer des problèmes tels que des plis, des déformations ou des ruptures du film, ce qui pourrait compromettre sa qualité et ses performances futures.

Afin d'harmoniser la vitesse d'enroulement, différents mécanisme de réglage sont installés sur l'enrouleur de bobines. L'un de ces mécanismes est l'utilisation de moteurs d'enroulement synchronisés avec le système de production de la ligne grâce à ces moteurs, il est possible de modifier la vitesse de rotation des arbres d'enroulement pour mieux s'adapter à la vitesse de la ligne d'extrusion gonflage. Grâce à cette synchronisation précise, le film est enroulé à une vitesse optimale, évitant ainsi tout écart entre la production et l'enroulement du film [11].

II.4. 3 L'élimination des plis, des plages et des épaisseurs dans les bobines

Au cours du processus d'enroulement, plusieurs défauts peuvent survenir, notamment les plis, les plages et les épaisseurs, qui peuvent compromettre la qualité et les performances du film final.

Les plis sont des imperfections importantes qui surviennent lorsqu'un film est enroulé de manière irrégulière ou lorsqu'il y a des tensions inégales lors de l'enroulement. Différents éléments peuvent expliquer cela, comme des difficultés de guidage, des vitesses d'enroulement inadaptées, des variations soudaines de tension ou une mauvaise stabilité du film. L'apparition de plis diminue la planéité du film, altère son aspect et peut causer des difficultés lors du déchargement.

Afin de supprimer les plis lors de l'enroulement du film, il est primordial de surveiller et d'améliorer plusieurs paramètres essentiels. En premier lieu, il est essentiel de garantir un bon alignement des divers éléments de la ligne, comme les rouleaux de guidage et le tambour d'enroulement, le cylindre déplisseur courbé. Il est possible d'utiliser des systèmes de guidage automatique afin de modifier en temps réel la position du film et d'éviter les déviations qui peuvent entraîner des plis.

Les plages, aussi appelées « lay-on marks », sont des imperfections qui surviennent lorsque le film en cours d'enroulement n'est pas correctement positionné par rapport aux couches précédentes. Cette situation entraîne une surimpression du film, ce qui entraîne des traces sur les bords de la bobine. Un mauvais alignement du mandrin, des problèmes de guidage ou des vitesses d'enroulement inadaptées peuvent entraîner des plages.

Pour éliminer les plages, il est essentiel d'opter pour un système de mandrin précis et de s'assurer que le film est correctement aligné lors de sa position sur le mandrin. Il est possible d'utiliser des dispositifs de centrage automatique afin d'ajuster la position du mandrin et d'assurer un enroulement régulier du film. En outre, il est primordial de réguler les vitesses d'enroulement et de garantir une transition fluide lors du changement de mandrin.

Les épaisseurs sont des imperfections découlant de l'enroulement d'une quantité excessive de matière sur une petite zone de la bobine, ce qui entraîne la formation d'une zone de film plus épaisse. En règle générale, les épaisseurs sont provoqués par des fluctuations de la vitesse d'enroulement, des fluctuations soudaines de la tension ou des incidents liés à l'alimentation du matériau. Ces imperfections mettent en péril l'homogénéité et la solidité mécanique du film.

Afin de supprimer les épaisseurs, il est essentiel de gérer et de réduire au minimum les fluctuations de vitesse d'enroulement. Il est possible d'utiliser des systèmes de régulation de la vitesse de bobinage afin de garantir un enroulement régulier et constant du film. En outre, il est primordial de surveiller et de modifier en temps réel la tension du matériau afin de réduire au minimum les fluctuations susceptibles d'entraîner des épaisseurs [12].

II.5 Principe de fonctionnement de l'enrouleur

Une fois que le changement de bobine est activé, les opérations suivantes sont automatiquement réalisées :

- À partir du début du changement de bobine, l'alarme sonore retentit de manière régulière et le flache clignote. En position d'enroulement, la bobine de film est pressée contre le cylindre de contact.
- L'arbre de bobinage est transmis par le dispositif d'insertion avec le mandrin fixé au levier de changement de bobine. Le levier de changement de bobine verrouille l'arbre de bobinage et l'amène à la vitesse de bande grâce à l'accélérateur d'arbre de bobinage optionnel.
- L'arbre de bobinage est tiré contre le cylindre de contact et donc contre la bande de film.
- Le cylindre est entraîné par le bas contre la bobine lors de l'entraînement auxiliaire de bobinage.
- La bobine de film est retirée du cylindre de contact par les lames du guidage parallèle. Grâce à l'entraînement auxiliaire de bobinage, la bobine de film est entraînée de l'extérieur et la bande de film reste tendue.
- Une fois qu'un écart adéquat est créé entre le cylindre de contact et la bobine de film, le frein du guidage parallèle maintient fermement la bobine de film en place.
- Le cylindre défecteur du système de coupe se déplace de la position de repos à la position de travail, ce qui permet de dégager la bande de film du cylindre de contact.
- La découpe est amorcée Le dispositif de coupe transversale utilise une lame à commande pneumatique qui coupe rapidement la bande de film près de l'arbre de bobinage. Une fois coupée, la lame revient immédiatement en position garage. Le cylindre défecteur revient en position de bobinage.
- L'impulsion de coupe remet à zéro le compteur de mètres de bobine.
- Le ruban adhésif est utilisé pour saisir le nouveau début du film et le rouler sur le mandrin.
- Le dispositif de bobinage auxiliaire est déconnecté et ramené à sa position initiale.
- Le frein du guidage parallèle est relevé. La bobine de film est retirée et transportée jusqu'à l'extrémité des barres porteuses par les cliquets du guidage parallèle. La bobine de film est freinée pour cela.
- Une fois les cliquets ouverts, la bobine de film est déplacée vers les bras d'abaissement.
- Le levier de changement de bobine permet de tourner l'arbre de bobinage avec la nouvelle bobine de film de la position d'enroulement à la position de transfert, puis de la déposer sur les barres porteuses du guide parallèle.

- Les cliquets du guidage parallèle se dirigent vers le nouvel arbre de bobinage. L'arbre de bobinage est saisi par les cliquets qui pressent la bobine de film contre le cylindre de contact en utilisant une pression prédéfinie.
- Le levier de rotation de la bobine retourne à sa position de transfert [7].

II.6 Déchargement manuel des bobines de l'enrouleur

Le déchargement manuel des bobines implique généralement le transport de chaque bobine depuis l'enrouleur jusqu'à sa destination finale, telle qu'un espace de stockage. Ce trajet peut être long et nécessiter plusieurs manipulations pour s'assurer que la bobine est transportée en toute sécurité, les travailleurs doivent soulever et déplacer les bobines, ce qui peut être physiquement exigeant et augmenter le risque de blessures liées au travail. Les bobines peuvent peser plusieurs centaines de kilogrammes, rendant le processus de manipulation manuelle dangereux et susceptible de causer des chutes, des entorses, des fractures ou même des amputations.

De plus, les travailleurs peuvent se blesser en heurtant des objets ou en se coinçant les mains ou les doigts entre les bobines pendant le processus de déchargement [13].

II.6.1 L'impacte du déchargement manuel sur la productivité

Le temps et l'énergie nécessaires pour décharger manuellement les bobines sont des éléments importants à prendre en compte dans le processus de déchargement des bobines de l'enrouleur de l'extrudeuse tri couches OPTIMEX.

Le déchargement manuel des bobines peut être une tâche fastidieuse et demande une main-d'œuvre importante, Il nécessite également un temps considérable et une énergie physique significative surtout si le nombre de bobines à décharger est élevé. Ce temps peut être d'autant plus long si les bobines sont lourdes ou de grande taille.

De plus, le processus de déchargement manuel peut être sujet à des erreurs humaines, ce qui peut entraîner des retards supplémentaires dans la production, ce qui peut entraîner une perte de productivité pour l'ensemble du processus de production [13].

CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous avons défini un enrouleur et son rôle dans le processus d'extrusion-gonflage. Nous avons également examiné les différentes caractéristiques d'un enrouleur, ainsi que les éléments clés pour un bon enroulement. Nous avons également abordé le problème du déchargement manuel des bobines d'un enrouleur et nous avons proposé une solution en automatisant le processus de déchargement.

CHAPITRE III

**Conception et simulation de la station de déchargement
automatique de bobines d'une extrudeuse tri-couches**

III.1 Présentation de la nécessité d'une station de déchargement automatique de bobines de film plastique

La station de déchargement automatique de bobines de film plastique est un élément essentiel dans le processus de production d'une ligne d'extrusion gonflage, dans ce chapitre, nous allons analyser en détail l'utilité et l'importance de cette station, en soulignant les difficultés techniques et opérationnelles associées au déchargement des bobines de film plastique depuis l'enrouleur et sa conception.

Dans un premier temps, il est essentiel de saisir le contexte dans lequel une station de déchargement automatique de bobines de film plastique est employée. On utilise fréquemment ce genre de ligne d'extrusion gonflage dans le domaine de l'emballage afin de produire des films plastiques en rouleaux.

Le déchargement des bobines de film plastique produites depuis l'enrouleur de la ligne d'extrusion gonflage est une étape cruciale de ce processus. Il est essentiel de manipuler ces bobines, qui peuvent atteindre des centaines de kilogrammes de poids et mesurer plusieurs mètres de diamètre, avec précaution et efficacité afin d'assurer une production continue et sans interruption.

Les contraintes techniques et opérationnelles rencontrées lors du déchargement manuel des bobines de film plastique justifient la nécessité d'une station de déchargement automatique. Cette opération est rendue difficile, physiquement exigeante et potentiellement dangereuse pour les opérateurs en raison du poids et des dimensions considérables de ces bobines. De plus, le processus de déchargement manuel nécessite fréquemment des interruptions significatives pour la ligne de production, ce qui a un impact sur l'efficacité et la rentabilité globale du processus.

Ces problèmes sont réglés par la station de déchargement automatique qui utilise des appareils et des mécanismes automatisés pour manipuler les bobines de film plastique. Plusieurs éléments essentiels sont inclus dans sa composition, tels que des bras robotisés, des systèmes de contrôle et de surveillance, ainsi que des dispositifs de sécurité. Grâce à ces éléments, il est possible de garantir un déchargement précis, rapide et sécurisé des bobines, tout en minimisant les risques d'accidents et en réduisant les temps d'arrêt de la ligne de production [14].

III.2 Étude du processus de déchargement manuel actuel et des difficultés rencontrées

Ce processus manuellement comporte plusieurs obstacles et contraintes. Premièrement, il peut être laborieux de déplacer les bobines depuis la zone de déchargement jusqu'à la zone de stockage et de faire appel à des équipements de manutention lourds, comme des chariots élévateurs ou des transpalettes. Il est possible que ce type d'opération manuelle prenne du temps et entraîne des retards, en particulier en cas de flux de production intense.

Les bobines de film plastique sont généralement lourdes et volumineuses, ce qui rend les opérations de levage et de manipulation difficile et potentiellement dangereuse pour les opérateurs. Le déchargement manuel peut entraîner des conséquences néfastes sur la santé et la sécurité des opérateurs. Le fait de porter et de manipuler régulièrement des charges lourdes peut causer des dommages musculo-squelettiques et des souffrances physiques. En outre, travailler à proximité des machines en fonctionnement entraîne un risque accru d'accidents ou de blessures. Il convient également de noter que le déchargement manuel présente souvent des limites en termes de productivité et d'efficacité. Il existe des limites physiques propres aux opérateurs humains qui peuvent ne pas être capables de maintenir un rythme de travail constant sur une longue période, notamment dans le contexte d'une production intensive.

Pour toutes ces raisons, il est primordial de trouver une alternative pour automatiser le déchargement des bobines de film plastique dans une ligne d'extrusion gonflage. Cette solution devrait permettre de diminuer les problèmes rencontrés lors du déchargement manuel, d'améliorer la sécurité des opérateurs, d'optimiser la productivité et d'assurer un enroulement régulier du processus de production [13].

III.3 Objectif et avantages de la conception d'une station de déchargement automatique de bobines

La conception d'une station de déchargement automatique de bobines est un processus complexe qui nécessite une approche précise et méthodique.

En premier lieu, l'un des principaux objectifs de la conception de la station de déchargement automatique de bobines est de garantir un fonctionnement fluide et continu du processus de production, ce qui signifie réduire le temps nécessaire pour le déchargement des bobines et optimiser leur manipulation tout au long du processus. L'installation devrait être conçue de manière à ce que les bobines puissent être déchargées rapidement, sans interruptions et sans difficultés majeures.

Un autre but crucial consiste à renforcer la sécurité lors des opérations de déchargement des bobines. En général, les bobines employées lors de l'extrusion par gonflage de film plastique sont de taille importante et peuvent être lourdes. Il est primordial d'élaborer l'installation de façon à réduire au maximum les dangers d'accidents et de blessures pour les personnes affectées par le processus.

Finalement, créer une installation souple et modulaire. Il est crucial que la station de déchargement automatique puisse s'ajuster aux évolutions des besoins de production au fil du temps. Une structure modulaire facilitera l'ajout ou la modification des éléments de l'installation en fonction des exigences particulières, tout en réduisant au minimum les dépenses et les interruptions du processus de production.

Il est donc essentiel de considérer plusieurs objectifs essentiels lors de la conception d'une station de déchargement automatique de bobines afin d'améliorer le processus de déchargement manuel dans une ligne d'extrusion par gonflage de film plastique. On retrouve dans ces objectifs l'efficacité opérationnelle, la sécurité et la souplesse. Tout au long du processus de conception, il sera envisageable de concevoir une installation performante qui répondra aux exigences particulières de l'entreprise et permettra d'accroître la productivité tout en diminuant les risques pour les opérateurs [15].

Par ailleurs, L'utilisation d'une station de déchargement de bobines automatique dans le processus de production de la ligne d'extrusion gonflage présente de nombreux avantages. Cette dernière permettra d'améliorer l'efficacité, la sécurité et la précision du processus, tout en réduisant les coûts main-d'œuvre et les risques d'erreurs humaines.

En automatisant le processus de déchargement, il est possible de réduire considérablement le temps et l'énergie nécessaires pour cette tâche.

Le système de déchargement automatique peut être conçu pour transporter les bobines de manière efficace et sécurisée, sans intervention humaine directe. Cela permet de réduire la main-d'œuvre nécessaire, de minimiser le risque de blessures professionnelles, de donner à l'opérateur une chance de se concentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée, tandis qu'il se charge de la tâche de déchargement.

Cela permet également de réduire les délais entre les étapes de production et d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles et de maximiser la productivité [14].

Il est envisageable alors de créer et de simuler cette station de déchargement automatique de bobines, Grâce à la combinaison de technologies de pointe, comme SOLIDWORKS pour la conception mécanique en 3D et TIA PORTAL pour la programmation de cette dernière, Cela nous aidera à atteindre nos objectifs [15].

III.4 Conception mécanique de la station avec le logiciel SolidWorks

III.4.1 Présentation du logiciel SOLIDWORKS

Le logiciel de CAO SOLIDWORKS est une application de conception mécanique 2D ou 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mise en plan précises il génère trois type de fichier qui sont liés la pièce, l'assemblage et la mise en plan [16].

Le logiciel SolidWorks permet :

- Concevoir des objets en 3D de manière très précise.
- Développer des produits.
- Mettre en place des mises en plan 2D.
- Cree des images et des animations d'objet 3D.

III.4.2 Sélection des composants mécaniques nécessaires

Pour la conception d'une station de déchargement automatique de bobines, il est primordial de considérer divers éléments essentiels, tels que les charges appliquées, les mouvements nécessaires, les contraintes environnementales, la durabilité, la précision et la maintenance.

En premier lieu, il est essentiel d'examiner les charges qui seront appliquées aux éléments mécaniques. Cela englobe le poids des bobines, les forces de friction pendant le déplacement du film plastique, ainsi que les vibrations et les chocs potentiels lors du déchargement. Il est crucial de réaliser des calculs précis de ces charges pour dimensionner de manière adéquate les éléments, tels que les bras robotiser, les axes, les capteurs et les mécanismes de levage.

Par la suite, il faut établir les mouvements nécessaires pour la station. Cela englobe le déplacement des bobines de manière latérale ou verticale, ainsi que d'autres opérations propres au déchargement. Des éléments mécaniques adaptés à ces mouvements doivent être sélectionnés, comme des moteurs, des actionneurs, des systèmes de transmission et des vérins pneumatiques ou hydrauliques.

Il est tout aussi essentiel d'avoir une précision dans la conception mécanique de la station. Les équipements tels que les systèmes de guidage, les roulements et les paliers doivent garantir une précision adéquate afin de garantir un déchargement fluide et précis. Il est crucial de sélectionner des éléments dotés de tolérances appropriées afin d'éviter toute accumulation excessive qui pourrait altérer la qualité du déchargement [17].

III.4.3 Conception des éléments de la station de déchargement automatique dans SOLIDWORKS

Dans SOLIDWORKS, il est possible de concevoir mécaniquement la station de déchargement automatique afin d'obtenir des modèles tridimensionnels détaillés et précis de chaque élément de celle-ci. L'avantage de cette méthode de conception virtuelle est de pouvoir visualiser le fonctionnement de la station avant sa conception, de repérer les problèmes potentiels et de réaliser des modifications plus aisément et plus rapidement.

Lors de la conception des composants de la station de déchargement automatique, il est primordial de débiter en définissant les caractéristiques et les exigences du système. Il est essentiel de bien comprendre le processus de déchargement des bobines, ainsi que des contraintes techniques et d'espace auxquelles la station sera confrontée.

Pour représenter les éléments de la station, SOLIDWORKS propose diverses fonctionnalités et outils. Dans un premier temps, il est nécessaire de créer des esquisses 2D des composants individuels, en utilisant des cotes et des contraintes pour définir leur géométrie. Ces esquisses serviront de base pour la création des modèles 3D.

Après avoir réalisé les esquisses, le processus de modélisation 3D peut débuter. Le logiciel SOLIDWORKS offre la possibilité de concevoir des fonctionnalités comme des extrusions, des révolutions, des balayages et des coques afin de donner forme aux composants. Grâce à ces caractéristiques, il est possible de créer des modèles solides et précis, en prenant en considération les tolérances et les ajustements requis.

Afin de garantir une conception optimale, SOLIDWORKS offre aussi des outils sophistiqués tels que les configurations, les assemblages et les contraintes. Les configurations offrent la possibilité de concevoir différentes versions d'un même composant, ce qui est pratique pour tenir compte des variations de taille ou des choix de conception. Les assemblages offrent la possibilité de regrouper les divers composants et de vérifier leur intégration et leur efficacité. Les contraintes, de leur côté, servent à établir les liens et les interactions entre les composants. Après avoir créé les différents éléments de la station, SolidWorks propose également des options de simulation afin d'évaluer leur comportement et leurs performances. À titre d'exemple, des analyses de contraintes peuvent être réalisées afin de déterminer si les composants sont exposés à des charges excessives, des déformations ou des risques de blocage. Il est possible d'utiliser des analyses de mouvement pour maximiser les trajectoires et les vitesses des éléments mobiles de la station.

La conception des éléments de la station de déchargement automatique dans SOLIDWORKS est donc une étape essentielle de la conception mécanique. Son utilité réside dans la possibilité d'obtenir des modèles précis et détaillés, de simplifier l'analyse et la simulation, et d'améliorer le fonctionnement de la station. À l'aide de ce logiciel on peut développer et simuler une station de déchargement automatique performante et fiable afin d'améliorer le déchargement manuel dans une ligne d'extrusion gonflage de film plastique [18].

III.5 Reprogrammation de l'enrouleur et programmation de la station de déchargement automatique en utilisant le logiciel TIA PORTAL

III.5.1 Présentation du logiciel TIA PORTAL

TIA PORTAL, acronyme de Totally Integrated Automation Portal, est un environnement de développement intégré (IDE) développé par Siemens. Il s'agit d'un logiciel spécialisé conçu dans le but de rendre plus facile et plus efficace la programmation, la configuration et la gestion des systèmes d'automatisation industrielle. La principale caractéristique de TIA PORTAL réside dans son approche intégrée. Effectivement, le logiciel rassemble différents outils et fonctionnalités dans une seule interface utilisateur, ce qui facilite le travail des ingénieurs et des techniciens. Grâce à lui, les utilisateurs peuvent utiliser diverses fonctionnalités comme la programmation des automates programmables industriels (API), la configuration des systèmes de contrôle et de supervision, la simulation des applications et le diagnostic des équipements.

Par la suite, TIA PORTAL supporte divers langages de programmation, tels que les langages standards internationaux (IEC 61131-3) tels que le langage à contacts (LAD), le

langage à schémas (FBD) et le langage en liste d'instructions (IL). Il offre aussi la possibilité d'utiliser des langages de pointe, comme le langage de blocs structurés (SCL) et le langage d'objets graphiques (GRAPH), ce qui lui confère une grande souplesse et répond aux besoins particuliers des utilisateurs.

Quant aux éléments du logiciel TIA PORTAL, ils sont élaborés de manière modulaire, ce qui leur confère une grande souplesse et une adaptation précise aux exigences de chaque projet. Les principales parties du logiciel TIA PORTAL sont les suivantes :

- STEP 7 : Il s'agit du noyau du logiciel TIA PORTAL, qui fournit les outils nécessaires pour la programmation des automates programmables industriels (API).
- WinCC : Ce composant est dédié à la création et à la gestion des interfaces homme-machine (IHM) ou des systèmes de supervision.
- PLCSIM : Ce composant est un simulateur intégré qui permet de tester et de valider les programmes d'automatisation sans avoir besoin d'un matériel physique.
- Startdrive : Ce composant est spécifiquement conçu pour la programmation et la mise en service des systèmes d'entraînement et de contrôle des moteurs.
- Safety : Ce composant est dédié à la programmation des fonctions de sécurité dans les systèmes d'automatisation industrielle [19].

III.5.2 Création d'un projet dans TIA PORTAL pour le contrôle de l'enrouleur et de la station de déchargement

Avant de débiter la programmation, il est primordial de vérifier que tous les équipements requis sont installés et configurés de manière adéquate. Cela englobe les éléments matériels tels que les PLC, les modules de communication, les capteurs et les actionneurs, ainsi que les logiciels nécessaires tels que TIA PORTAL et les outils de simulation. Après avoir achevé cette étape initiale, il est possible de passer à la création du projet dans TIA PORTAL.

Après avoir élaboré le projet, la prochaine étape est d'intégrer les divers équipements nécessaires pour superviser l'enrouleur et la station de déchargement automatique. Afin d'y parvenir, il est possible de sélectionner la section "Appareils et réseaux" dans l'arborescence du projet, puis de choisir la catégorie d'appareil appropriée, telle que les automates programmables. Pour ma part, j'ai opté pour le modèle [S7-300, CPU 313-2DP]. Par la suite, les modules requis peuvent être ajoutés en utilisant la fonction "Ajouter un nouveau dispositif". Il est primordial de sélectionner des modules qui répondent aux spécifications techniques de la station et de vérifier qu'ils sont connectés et configurés de manière adéquate.

Après avoir ajouté les appareils, il est possible de passer à la configuration matérielle. L'objectif de cette étape est d'attribuer des adresses aux divers modules et de créer les liens entre eux. Cette tâche peut être réalisée en utilisant l'outil de configuration matérielle de

TIA Portal. Il est primordial de se conformer aux conseils du fabricant des équipements afin de garantir une configuration adéquate et optimale [20].

1. La création de la table des mnémoniques

Variables API

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
 E0.0	Bool	%I0.0	ENCODEURE FIN DE BOBINE
 T0.0	Timer	%T0	TEMPORISATEUR 3S
 E0.1	Bool	%I0.1	FIN DE COURSE (ARRIVER CYLINDREBOBINE)
 E0.2	Bool	%I0.2	CAPTEUR VERIN
 T0.1	Timer	%T1	TEMPORISATEUR
 E0.3	Bool	%I0.3	CAPTEUR DE LA LAME
 E0.4	Bool	%I0.4	CAPTEUR POSITION FINALE DE L'AXEAUXILIAIRE
 E0.5	Bool	%I0.5	FIN DE COURSE ARRIVER DE L'AXE BO-BINE
 A0.0	Bool	%Q0.0	MOTEUR CYLINDRE AUXILAIRE
 A0.1	Bool	%Q0.1	AVANCEMENT DU CYLINDRE BOBINE
 A0.2	Bool	%Q0.2	MONTER DU CYLINDRE DECOLAGE DELA BOBINE
 A0.2(1)	Bool	%Q0.3	ARRET DE MOUVEMENT DU CYLINDREDE DECOLAGE
 A0.3	Bool	%Q0.4	DECENTE DE L'AXE AUXILIAIRE JUSQU'AU TAMBOUR
 A0.4	Bool	%Q0.5	DEPLACEMENT DE LA LAME DE COUPE
 A0.1(1)	Bool	%Q0.6	AVANCEMENT TOTAL DE L'AXE BO-BINE
 A0.2(2)	Bool	%Q0.7	DECENTE DU CYLINDRE DE DECOLAGE
 A0.3(1)	Bool	%Q1.0	POSITION FINAL DE L'AXE

				AUXILIAIRE
	A0.5	Bool	%Q1.1	DEBLOCAGE DU SUPPORT D'AXE AUXILIAIRE
	A0.6	Bool	%Q1.2	DEBLOCAGE DU SUPPORT D'AXE BOBINE
	A0.7	Bool	%Q1.3	DEPLACEMENT SUPPORT AXE BOBINE VERS AXE AUXILIAIRE
	A1.0(1)	Bool	%Q1.4	BLOCAGE DE L'AXE AUXILIAIRE
	A1.1(1)	Bool	%Q1.5	RETOUR SUPPORT AXE AUXILIAIRE A LA POSITION INITIALE
	E0.6	Bool	%I0.6	FIN DE COURSE CHARIOT ELEVATEUR
	E0.7	Bool	%I0.7	PRESENCE DU CYLINDRE AUXILIAIRE
	E1.0	Bool	%I1.0	PRESENCE DU SUPPORT D'AXE AUXILIAIRE
	E0.3(1)	Bool	%I1.1	POSITION INITIALE DE LA LAME
	E0.2(1)	Bool	%I1.2	CAPTEUR VERIN AXE DE DEBLOCAGE
	E1.1	Bool	%I1.3	CAPTEUR INDUCTIF SUPPORT DE DECHARGEMENT BOBINES
	A0.6(1)	Bool	%Q1.6	CHARIOT ELEVATEUR
	A0.7(1)	Bool	%Q1.7	CYLINDRE AUXILIAIRE
	A1.0	Bool	%Q2.0	AXE AUXILIAIRE
	A0.3(2)	Bool	%Q2.1	REPOS DE LA LAME
	A0.2(3)	Bool	%Q2.2	VERIN AXE DE BLOCAGE
	A1.1	Bool	%Q2.3	SUPPORT DE DECHARGEMENT DE BOBINES
	E1.2	Bool	%I1.4	FIN DE COURSE D'AXE 1
	E1.3	Bool	%I1.5	CAPTEUR TOR
	E1.4	Bool	%I1.6	FIN DE COURSE D'AXE 0
	T0.3	Timer	%T2	FIN DE COURSE D'AXE 0 3S
	E1.5	Bool	%I1.7	CAPTEUR A INDUCTION
	E1.6	Bool	%I2.0	EMETTEUR RECEPTEUR

	E2.0	Bool	%I2.1	FIN DE COURSE STATION
	T0.4	Timer	%T3	EMETEUR RECEPTEUR (PROTECTIONHUMAINE) 08S
	T0.5	Timer	%T4	5S
	A1.2	Bool	%Q2.4	DECENTE DES VERINS DES BRAS
	A1.3	Bool	%Q2.5	MONTER DE LA STATION
	A1.4	Bool	%Q2.6	REMIS EN PLACE DES VERINS BRAS
	A1.5	Bool	%Q2.7	DECENTE DE LA STATION
	A1.5(1)	Bool	%Q3.0	MONTER DU BRAS DE BLOCAGE
	A1.6	Bool	%Q3.1	ARRET DE LA STATION
	A1.6(1)	Bool	%Q3.2	ARRET DU BRAS DE BLOCAGE
	A1.6(2)	Bool	%Q3.3	BLOCAGE DE L'AXE ET DEGONFLE-MENT DES CHAMBRE A AIR
	A1.7	Bool	%Q3.4	DEPLACEMENT DE LA STATION DE DE- CHARGEMENT
	A2.0	Bool	%Q3.5	DECENTE DU VERIN DE DECHARGE-MENT
	A2.1(1)	Bool	%Q3.6	MONTER DU VERIN DE DECHARGEMENT
	E2.2	Bool	%I2.2	ARRET DURGENCE
	E1.7	Bool	%I2.3	EMETEUR RECEPTEUR (PROTECTIONHUMAINE)
	A2.1	Bool	%Q3.7	REMIS EN PLACE DE LA STATION
	E2.1	Bool	%I2.4	FIN DE COURSE (REMIS EN PLACE DELA STATION)

Légende table des mnémoniques

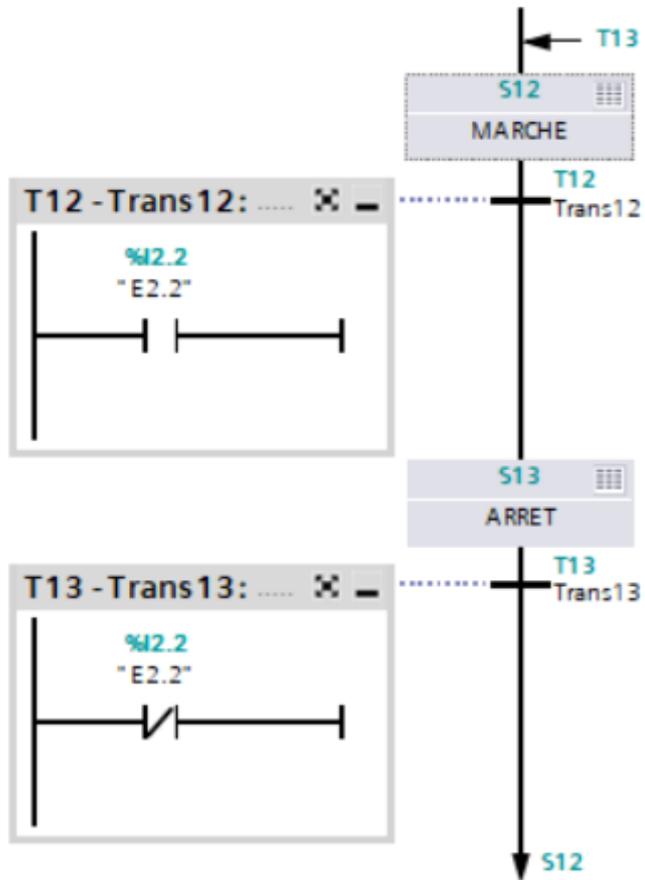
2. Les conditions initiales à respecter avant la sortie de la bobine de l'enrouleur sont les suivantes

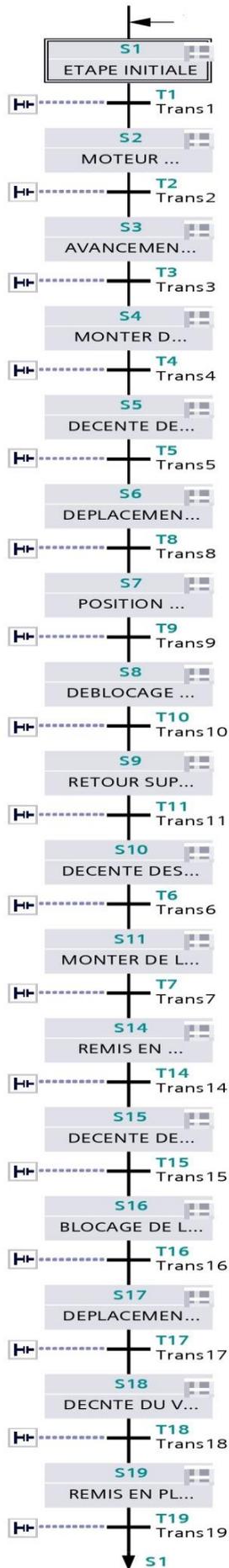
- Le chariot de levage ne touche pas le fin de course
- La présence des deux auxiliaires
- Le support des axes auxiliaires doit être en position haut
- La lame doit être en position initial
- Les deux capteurs émetteurs récepteurs non excité
- Les capteurs d'axe désexcité
- Le capteur du vérin de la barre du tambour désexcite

3. Les étapes avant la sortie de bobine de l'enrouleur

1. L'encodeur atteint la consigne voulu
2. Le moteur et le disque commence à faire tourner l'axe auxiliaire a la même vitesse du film
3. L'avancement de l'axe principal
4. Monter de la barre jusqu'à l'allumage du capteur orange sur le vérin
5. Les vérins de l'axe auxiliaires descendent
6. La lame de coupe sectionne le film plastique
7. Le recule de la bobine jusqu'au capteur sur la rail
8. L'axe auxiliaire prend la place de l'axe principal
9. Les capteurs s'allume et l'axial détache l'axe principal
10. Le chariot retourne a ca postions initiale
11. L'axial s'emboite avec le nouvelle axe
12. Les deux vernis qui soutiennent l'axe auxiliaire descendent
13. La bobine arrive sur les bras de dépose et il descende

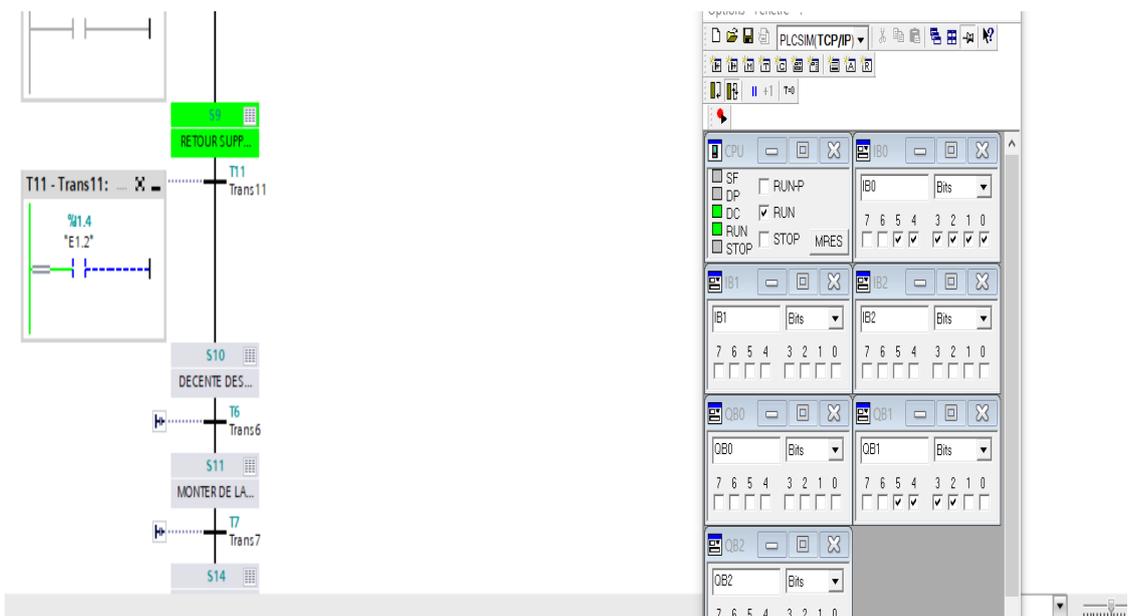
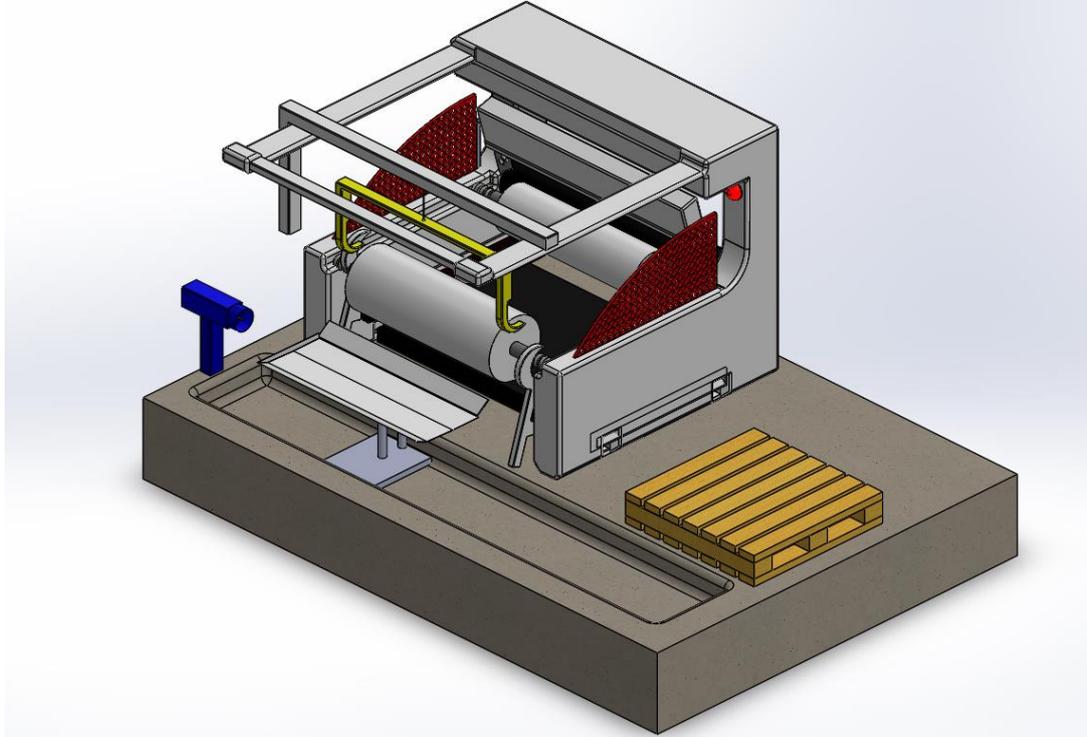
III.5.3 Vue du STEP 7 réaliser sur TIA PORTAL pour le contrôle de l'enrouleur et de la station de déchargement



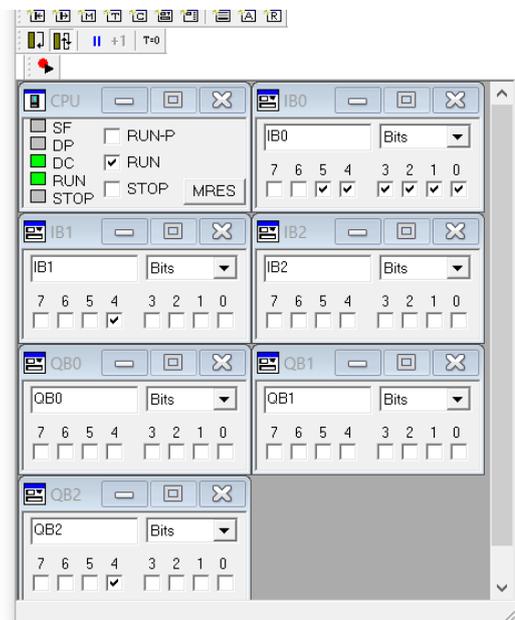
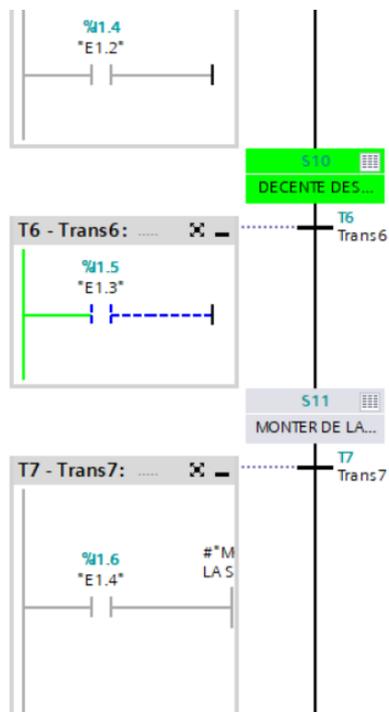
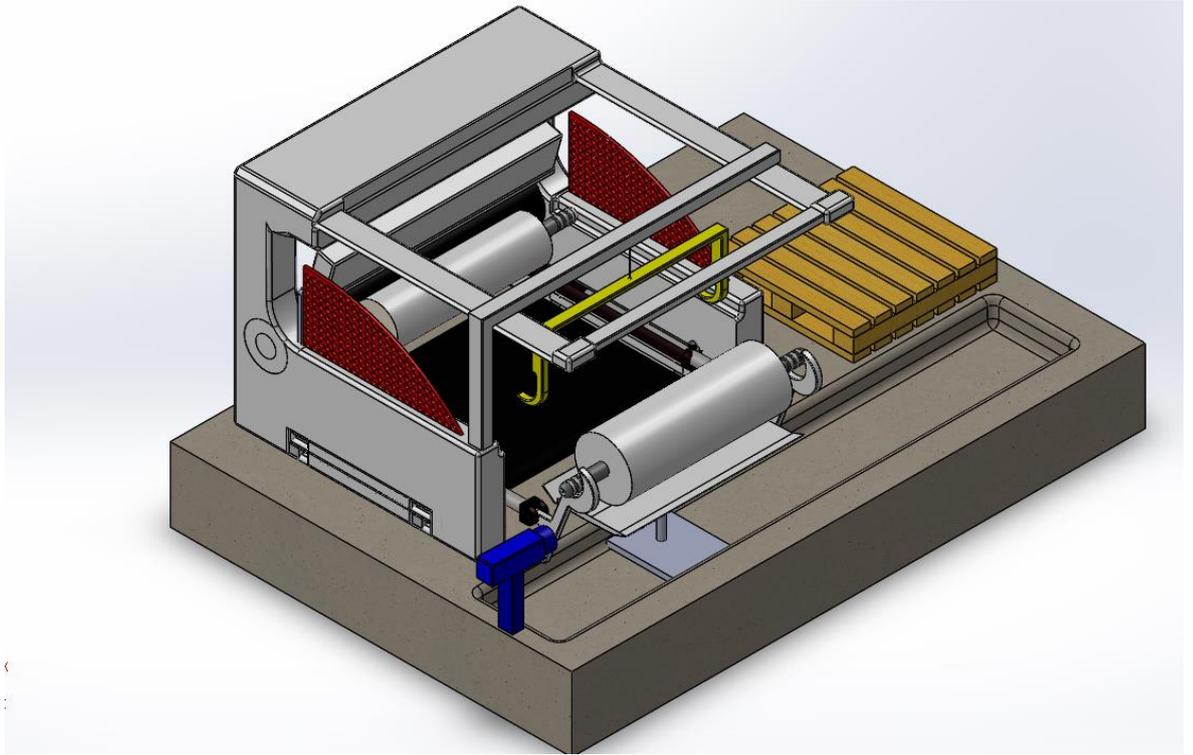


III.6 Simulation du fonctionnement de la station de déchargement

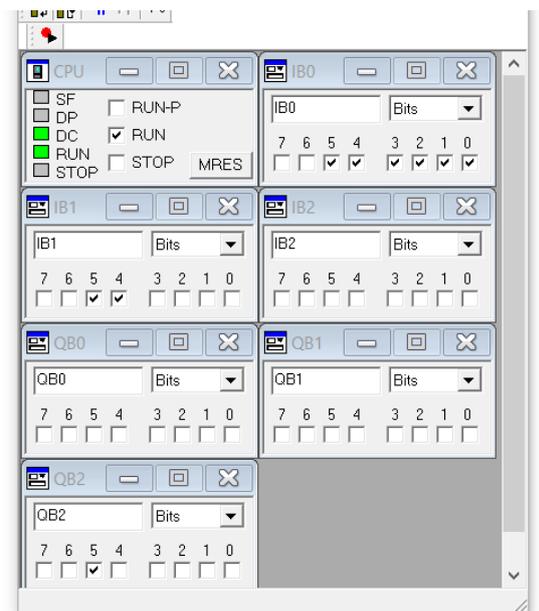
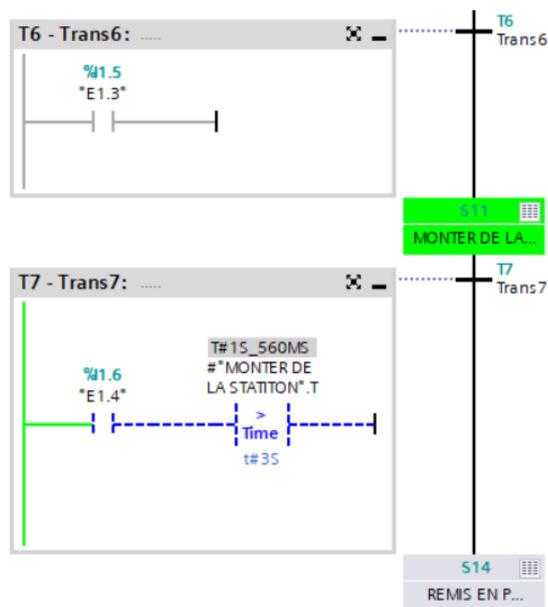
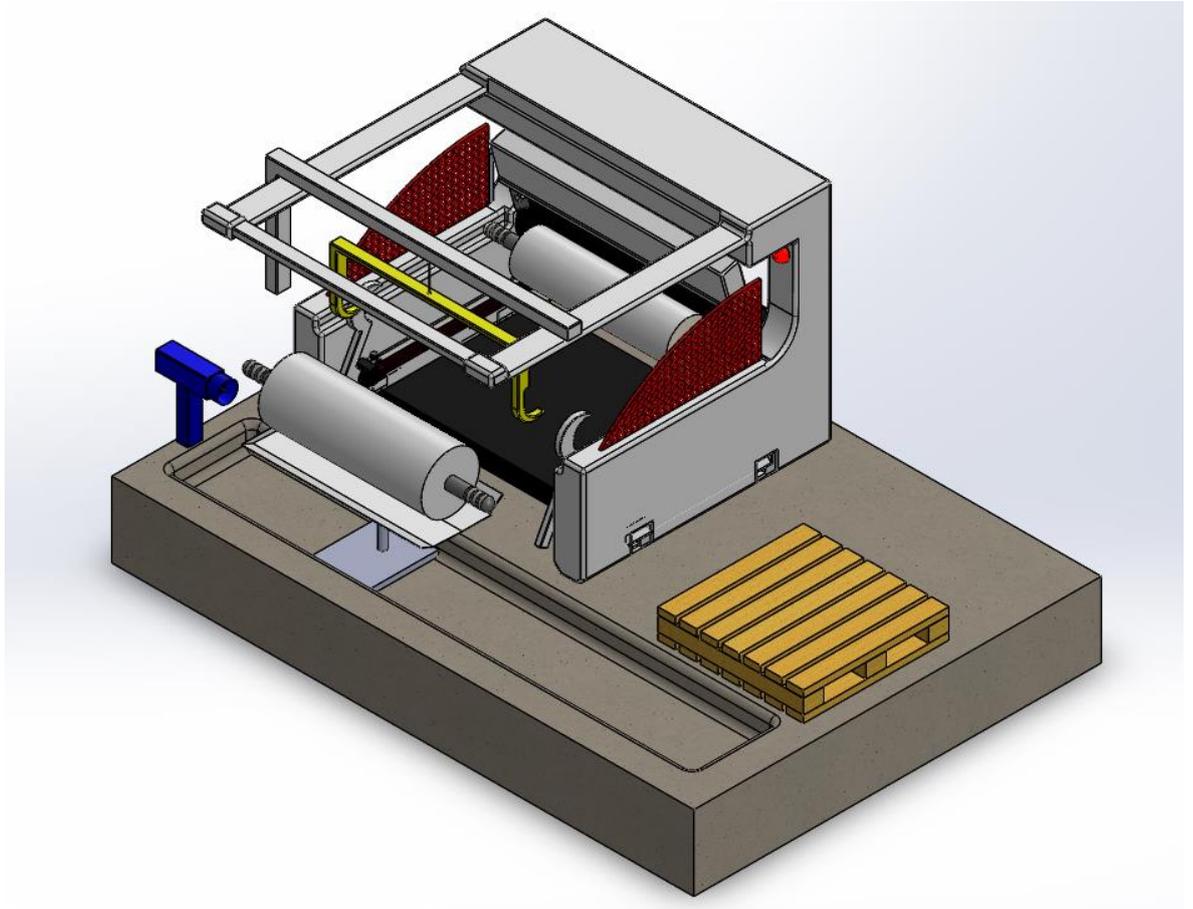
1. L'arrivée de la bobine sur les bras de dépose



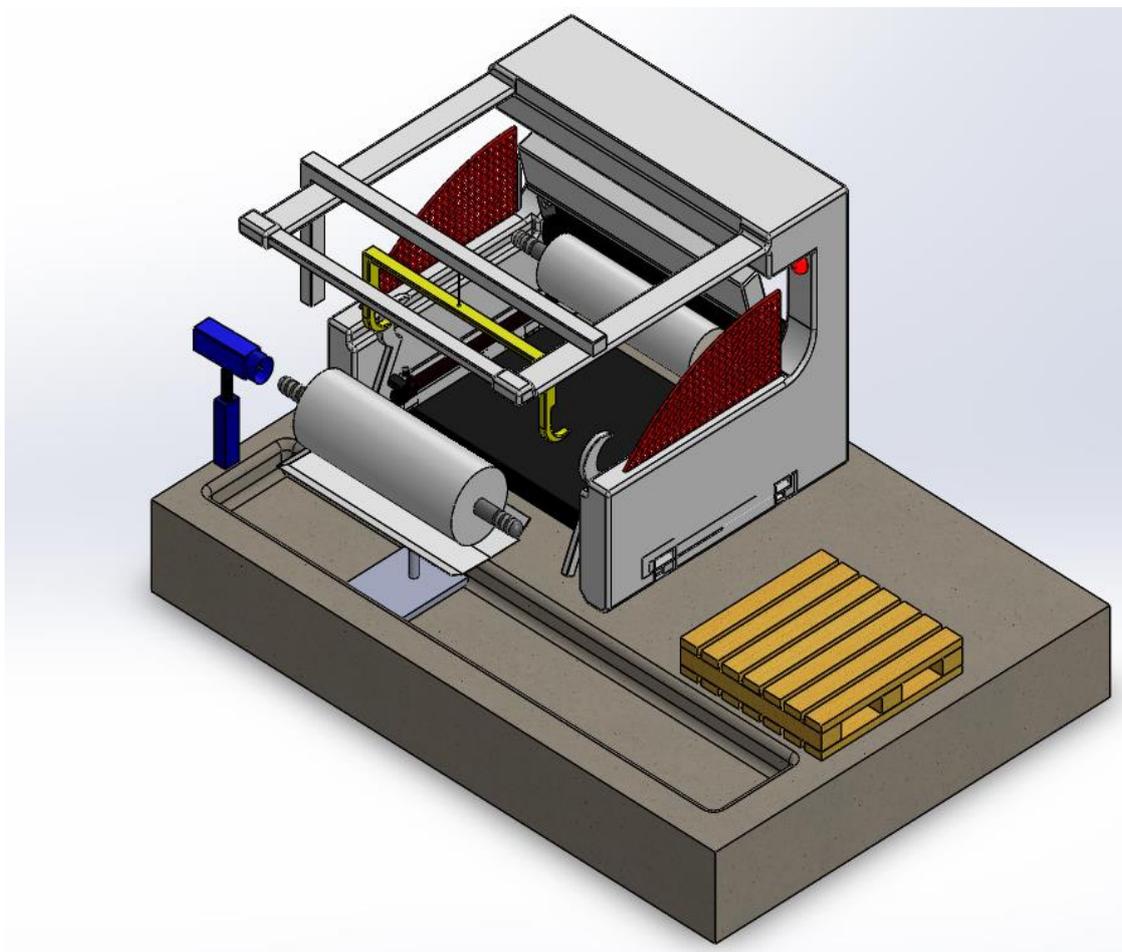
2. Décence des bras de dépose et montée de la station

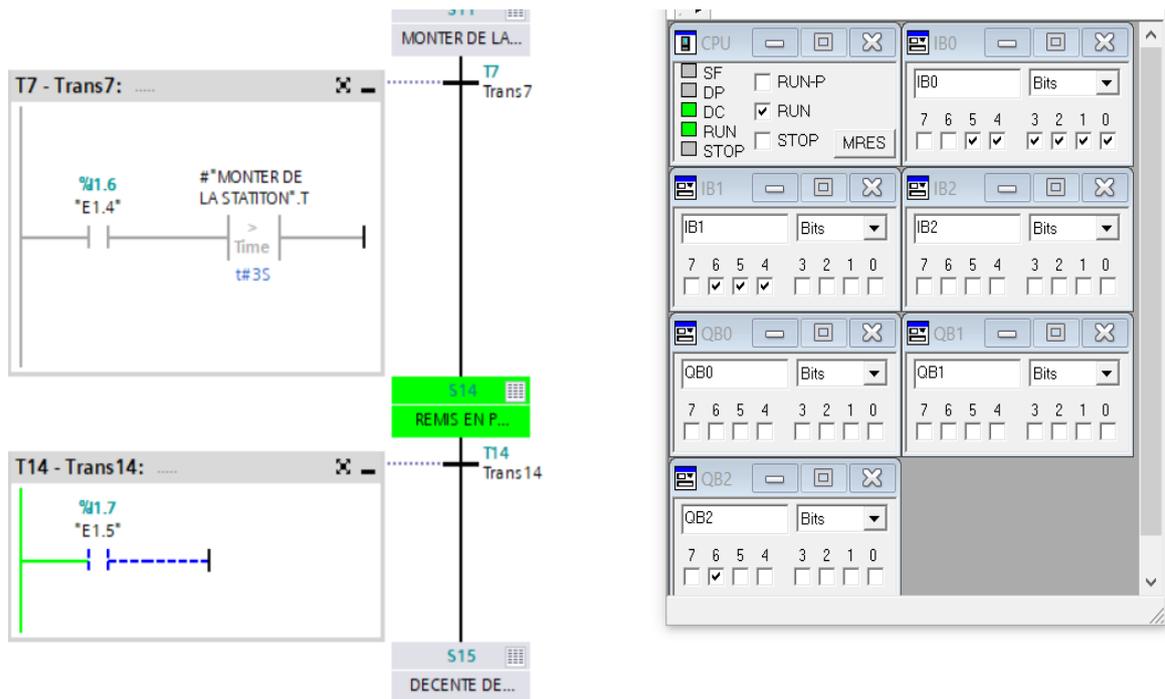


3. Remise en place des bras de dépose

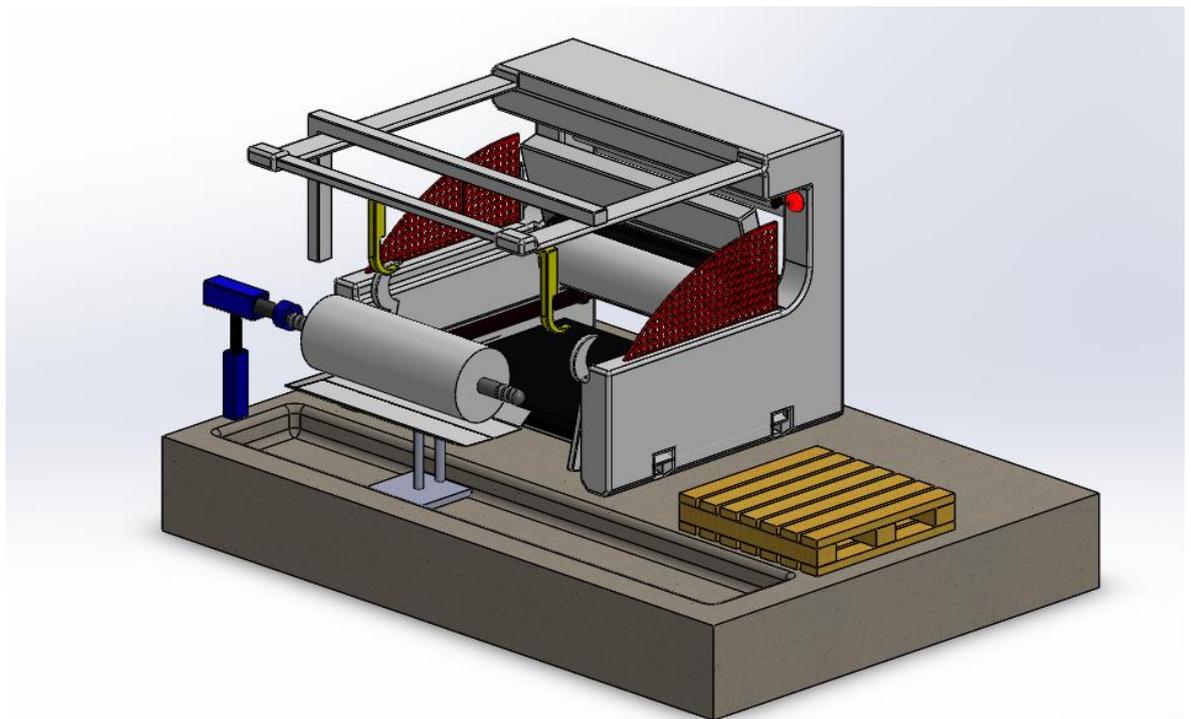


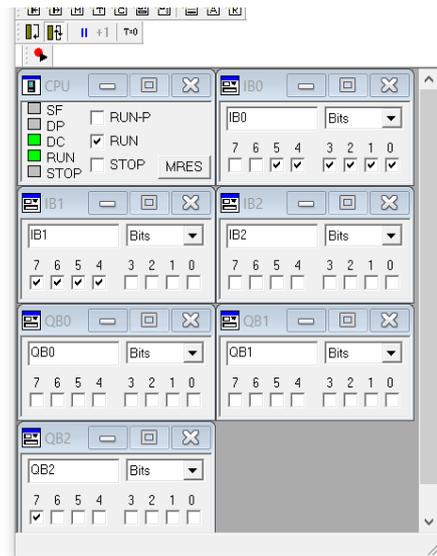
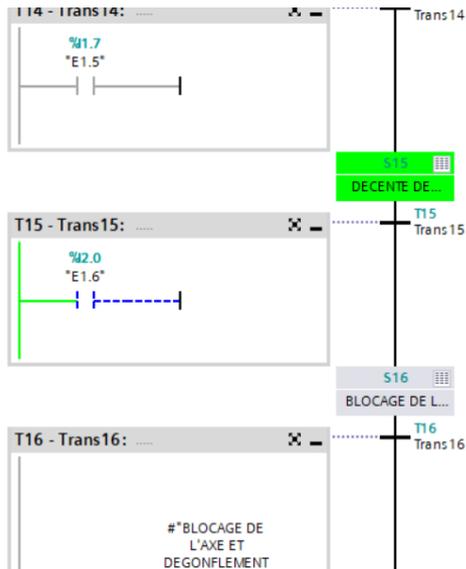
4. Décence de la station et montée du bras de blocage



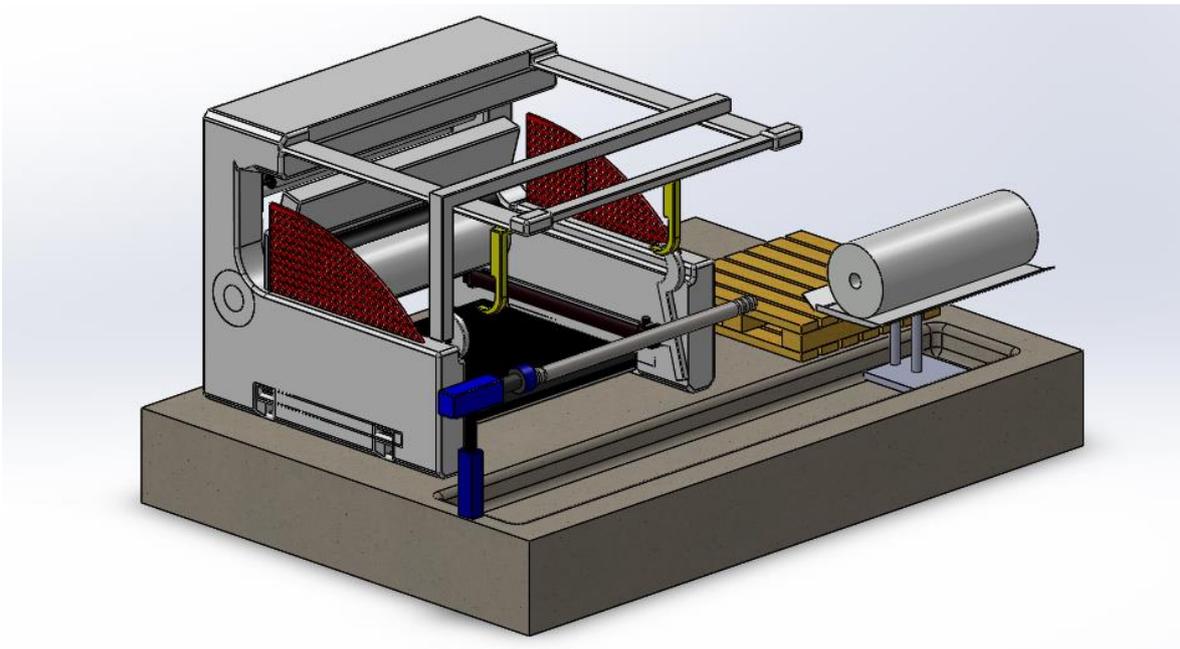


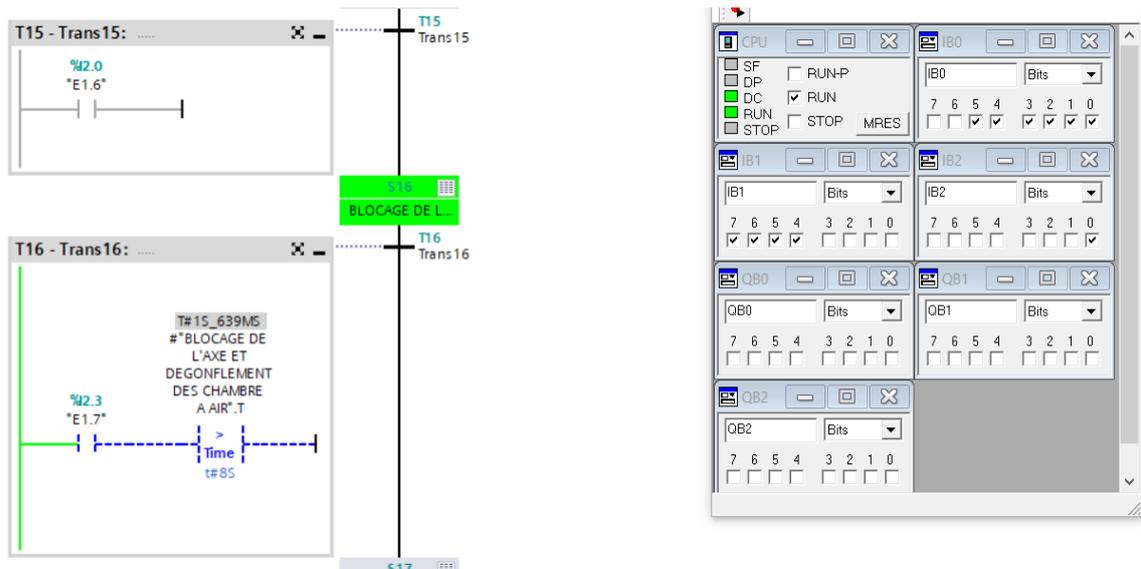
5. Blocage de l'axe et dégonflement des chambres à air



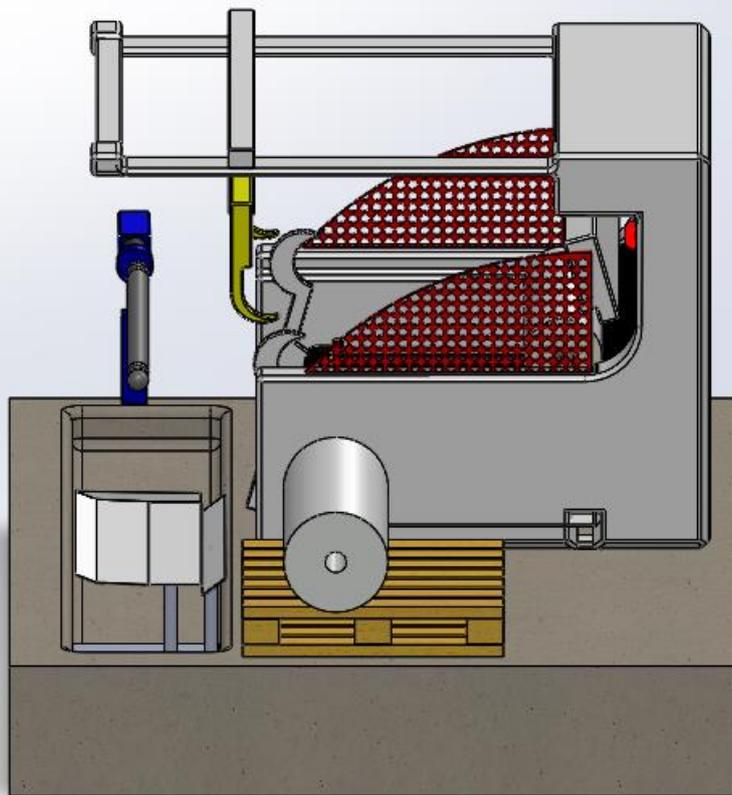


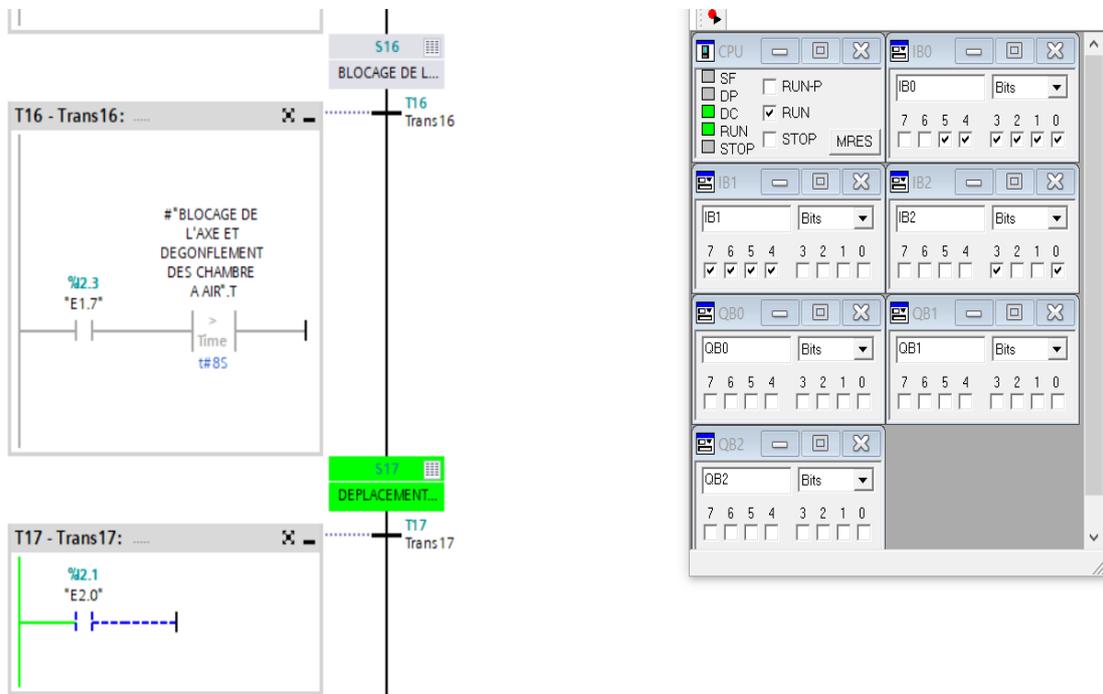
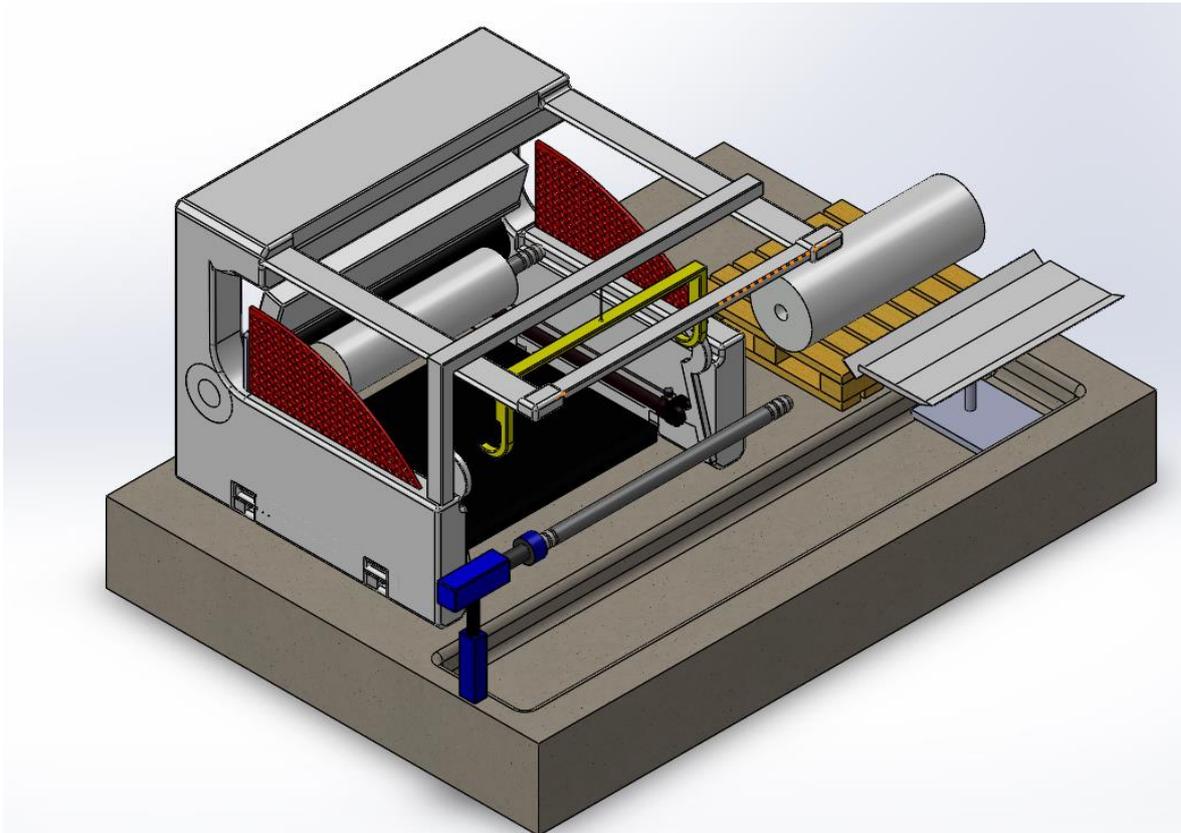
6. Déplacement de la station de déchargement



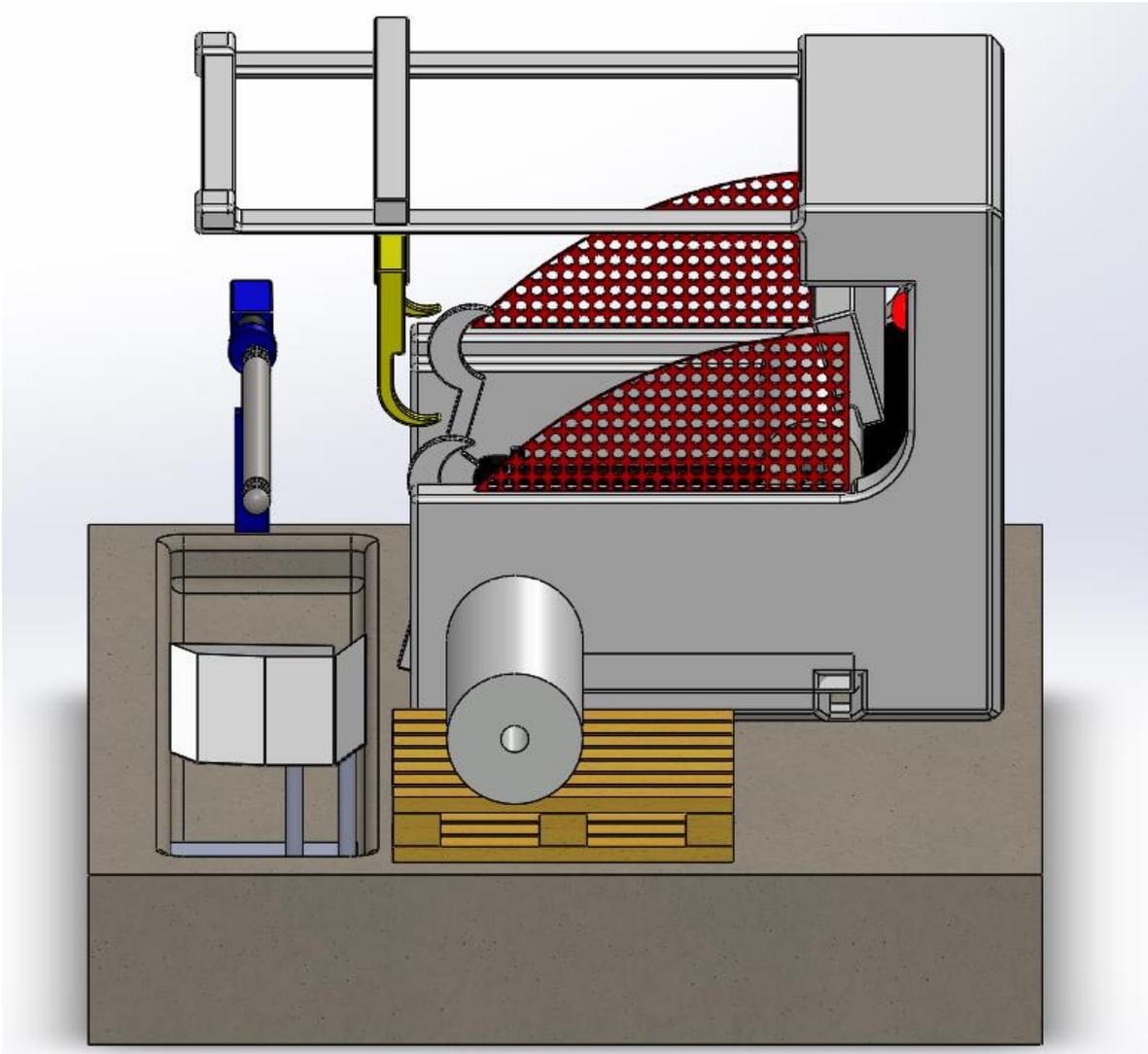


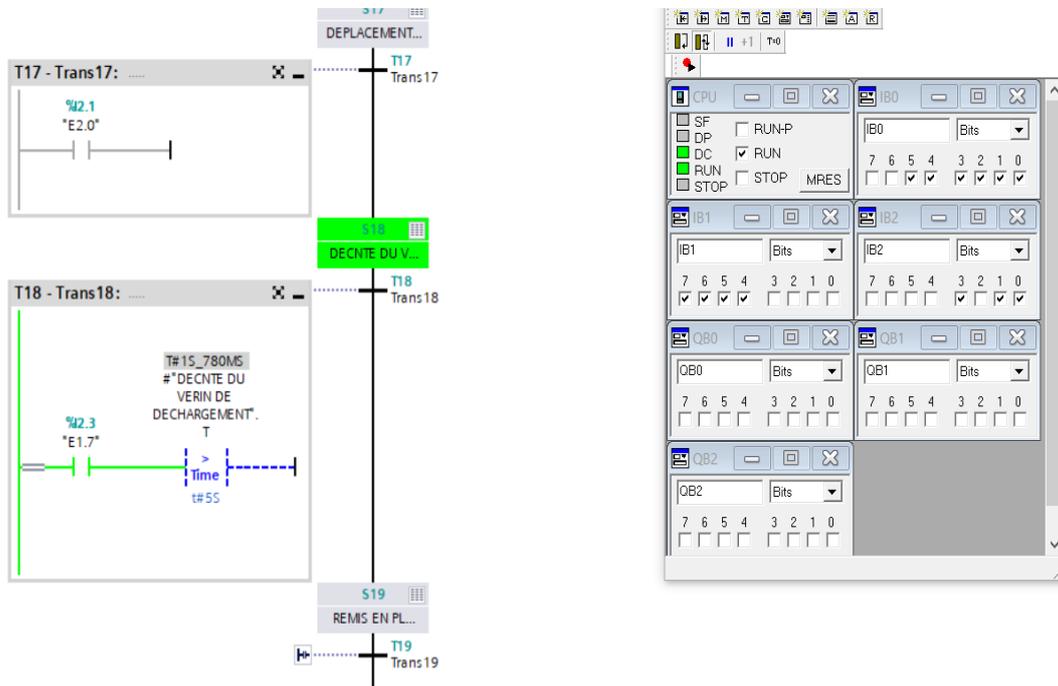
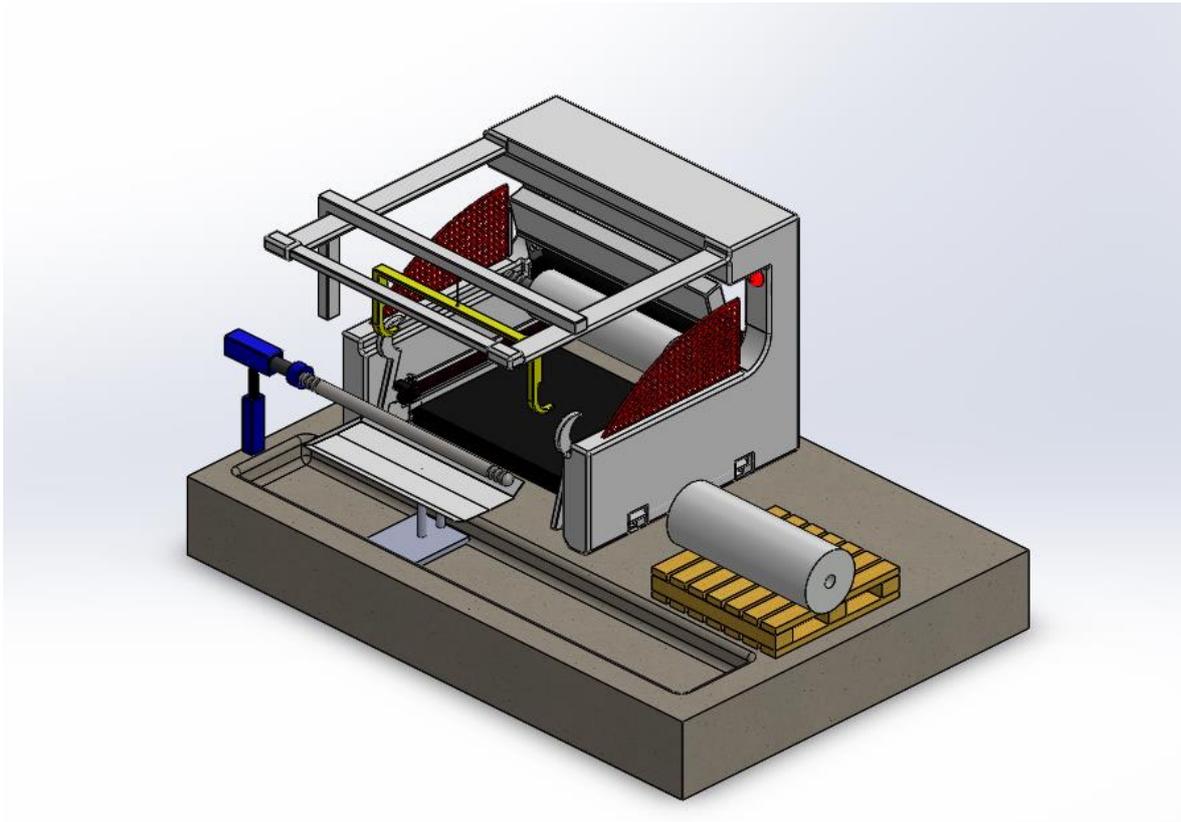
7. Décente du vérin de déchargement et déchargement de la bobine



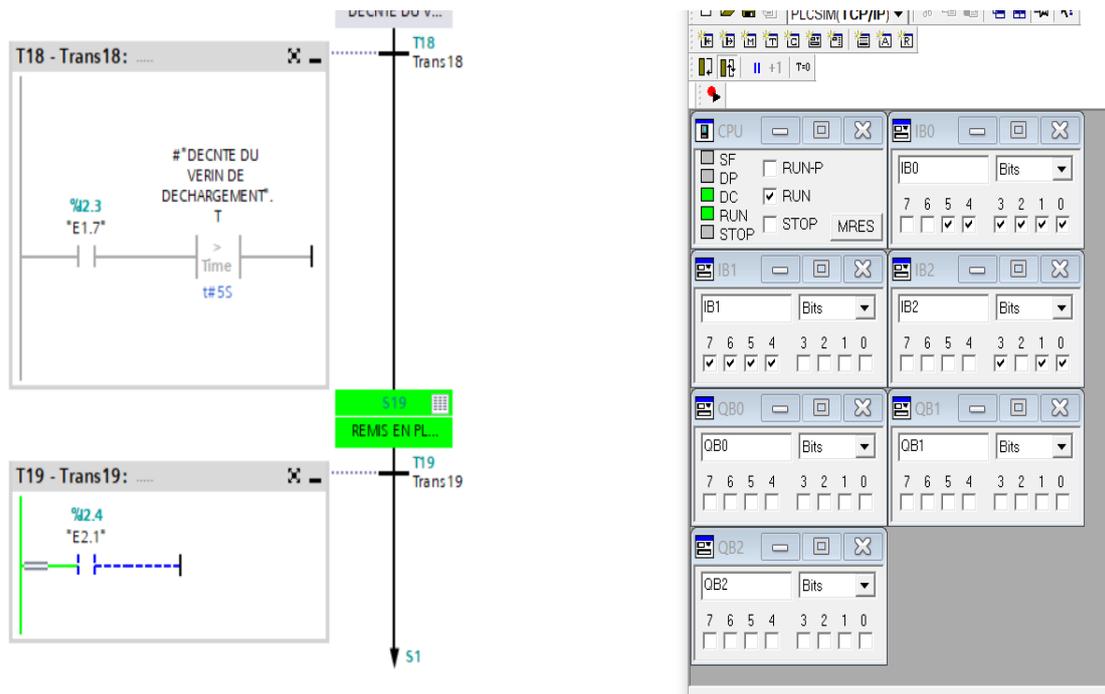


8. Monter du vérin de déchargement et remplacement de la station de déchargement

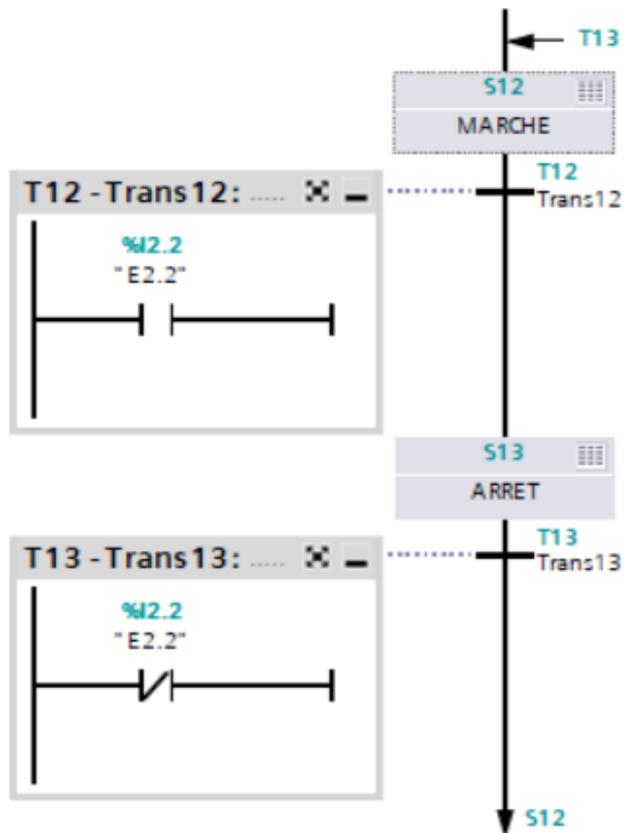




9. Fin du circuit de déchargement et retour à l'étape initiale



10. Bouton d'arrêt d'urgence



CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé l'importance de construire une station de déchargement automatique et ses objectifs principaux.

Tout d'abord, nous avons utilisé le logiciel SOLIDWORKS pour concevoir mécaniquement la station de déchargement automatique.

Ensuite, nous avons utilisé le logiciel TIA PORTAL pour reprogrammer l'enrouleur et programmer la station de déchargement automatique.

En fin de compte, nous avons utilisé ces deux derniers pour simuler le fonctionnement de la station de déchargement automatique de manière virtuelle et pouvoir la visualiser.

CONCLUSION GENERALE

En résumé, l'objectif principal de cette étude était de concevoir une station de déchargement automatique de bobines, plus précisément nous devons concevoir cette dernière en 3D et par la suite la programmer à l'aide des logiciels SOLIDWORKS et TIA PORTAL.

L'emploi du logiciel SOLIDWORKS, nous a permis de concevoir la station de déchargement automatique et d'obtenir des modèles tridimensionnels détaillés et précis de chaque composant de celle-ci. Cette approche de conception virtuelle présente l'avantage de permettre de visualiser le fonctionnement de la station avant sa mise en œuvre, de détecter les éventuelles difficultés et de procéder à des modifications plus facilement et plus rapidement. Le logiciel TIA PORTAL nous a permis la reprogrammation de l'enrouleur initialement programmé avec le B&R B&R (Industrial Automation GmbH est une entreprise autrichienne spécialisée dans la technologie d'automatisation et de contrôle des processus), ainsi la programmation de la station de déchargement de façon plus simple et plus performante.

La conception de la station de déchargement nous a permis de résoudre la problématique soulevée dans cette étude et par conséquent les buts majeurs sont atteints grâce à celle-ci.

Dans un autre registre, grâce à notre stage pratique effectué au sein de l'entreprise MERIPLAST, nous avons eu l'occasion de rencontrer des ingénieurs et de partager leur quotidien, cette expérience a permis de prendre conscience de la grande variété de leur domaine de travail et d'explorer et approfondir notre connaissance de certains processus industriels, ainsi que résoudre le problème industriels liés aux déchargements manuel des bobines d'une ligne d'extrusion gonflage, tout en étudiant les procédures technologiques à suivre.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Terrisse, S, “Dispositifs aval en extrusion“, ouvrage terminologique Allemand-français, édition diplom.de, 2001.
- [2] Melas, M, “Etat de l'art concernant les grands procédés de mise en œuvre des matières plastiques issues de processus de régénération de déchets“, www.record-net.org, 2003, consulté le 20 mai 2024.
- [3] Boussad, T et Ahmed, M, “Modélisation et identification d'une extrudeuse mono vis Hylectric“, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2014.
- [4] Doyle, A, “L'influence des paramètres d'opération sur les propriétés mécaniques des films de PEHD et de PEBDL produits par extrusion-gonflage“, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique de Montréal, 1989.
- [5] Heng, J, “Pratique de la maintenance préventive-4 e éd“, ouvrage, Dunod, 2017.
- [6] Noe, I, “Etude des écoulements de polymères dans une extrudeuse bivi-corotative“, Thèse de doctorat, ENMP Paris, 1992.
- [7] Windmüller & Hölscher KG, “Notice d'utilisation d'origine Installation d'extrusion soufflage OPTIMEX“, Revue, Magazine Clients, 2013.
- [8] Abderrahmen, R, “Conception d'étiquettes autoadhésives par micro encapsulation d'adhésif“, Thèse de doctorat, Université de Grenoble, 2012.
- [9] Tkouti, H, “Commande automatique d'un chauffage extrudeuse avec API Siemens (s7-300) ET supervision HMI“, thèse doctorat, Université Mohamed Khider Biskra, 2018.
- [10] Mokhtari, F, “Commande des systèmes Hamiltoniens à ports commandés: application aux systèmes multi machines“, Thèse de doctorat, Université du Québec à Trois-Rivières, 2010.
- [11] Bouscayrol, A, “Formalismes de représentation et de commande appliqués aux systèmes électromécaniques multi machines multi convertisseurs“, Thèse de doctorat, Université des sciences et technologies de Lille, 2003.
- [12] Brodeur, F, “VOCABULAIRE“, ouvrage, ICGQ, 2000.
- [13] Walid, L, “Etude des systèmes de contrôle et commande électrique industrielle A ENICAB“, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra, 2020.
- [14] Hamid, B., Hamid, B, “Etude et automatisation par automate programmable S7-300 d'une station de chromage à l'entreprise ENIEM“, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2012.

- [15] Mohand, Z, "Automatisation et centralisation d'une distribution de carburant", Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2017.
- [16] Bellabiod, A, "Etude et conception d'une citerne hydrocarbure de 16500 litres a 3 compartiments sur un véhicule Mercedes arocs33421", Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2022.
- [17] Aghiles, B., Hafidh, B, "Installation et mise au point d'une station météorologique automatique de type ENERCO 407", Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2011.
- [18] Abdelaziz, M, Fateh, F, "Modélisation statique d'une éolienne Domestique à Axe Horizontal par SolidWorks & COSMOSWorks", Thèse de doctorat, Université Ahmed Draia-ADRAR, 2013.
- [19] Beyoud, M, "Modélisation et Simulation d'un Système Industriel Automatisé Cas réel: le système MPS500 du laboratoire Productique MELT", Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, 2018.
- [20] Benkhedim, S, "Commande et Supervision par Automate Programmable d'un Système Industriel", Thèse de doctorat, Université de Tébessa, 2020.