

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



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de master en Electromécanique

SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUE

Thème :

*Analyse des dysfonctionnements d'une
extrudeuse à trois couches*

Encadré par : M'Ait Mokhtar El Hassene

Jugé par :

Réalisé par :

- *Slimani H'manou*
- *Salhi Saïd*

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier très vivement, **Mr Ait Mokhtar El Hassene**, pour la confiance qu'il nous a accordée à réaliser ce projet, ainsi que pour sa patience, sa disponibilité, son suivi et ses fructueux conseils.

Nous remercions également à **M^f Mechouche Rabah**, de nous avoir accueillis au sein de l'entreprise MERIPLAST, ainsi que pour son suivi et ces conseils.

Ainsi que, à tous les travailleurs de l'entreprise MERIPLAST, tout en particulier, les membres du bureau méthode du service maintenance pour leurs disponibilité et conseils.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Enfin, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Dédicaces

A la mémoire de mon cher père.

A ma chère mère.

A ma chère sœur.

A toute ma famille.

A mes amis.

A tous ceux qui m'ont soutenu pendant toute la durée de mes études.

Je dédie ce mémoire.

H'manou

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : ma future femme, et bien sûr A mes frères ADEL, HICHAM, ALA EDINE et ISHAK sans oublié ma sœur ABLA.

A toute ma famille, et mes amis, A mon binôme et toute la famille SLIMANI. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Saïd

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

I.1 Présentation de l'entreprise	(1)
I.1.1 Introduction	(1)
I.1.2 Historique et situation géographique	(1)
I.1.3 Situation juridique	(1)
I.1.4 Données techniques.....	(1)
I.1.4.1 Investissements réalisés dans les activités principales de l'Entreprise	(1)
I.1.4.2 Capacités de production	(2)
I.1.4.3 Gamme de produits	(2)
I.1.4.4 Montée en cadence de la production	(3)
I.1.5 Données économiques	(3)
I.1.5.1 Ressources humaines	(3)
I.1.5.2 Commercialisation	(3)
I.1.6 Données financières	(3)
I.1.7 Perspectives	(4)
I.1.8 Fiche technique	(4)
1.2 Généralité sur l'extrusion	(5)
I.2.1 Historique	(5)
I.2.2 Définition de l'extrusion	(5)
I.2.3 Principe de fonctionnement	(6)
I.2.4 Les différents types d'extrudeuses	(6)

I.2.4.1 Extrudeuse à une vis (Extrudeuse monovis)	(6)
I.2.4.2 Extrudeuse à deux vis	(7)
I.2.4.3 Extrudeuses spéciales	(8)
I.2.4.4 Extrudeuses à étages	(9)
I.2.4.5 Extrudeuses exceptionnelles	(9)
I.2.5 Composition d'une ligne d'extrusion	(9)
I.2.6 L'extrusion soufflage	(10)
I.2.7 L'extrusion gonflage	(11)
I.2.8 Extrusion multicouches ou multimatères	(11)
I.2.9 Conclusion	(12)

Chapitre 2 : Mécanismes de défaillance du système étudié

II.1 Introduction	(13)
II.2 L'installation d'extrusion-soufflage de la machine optimex	(13)
II.2.1 Système de convoyeur à vide	(14)
II.2.2 Dispositifs de dosage gravimétrique	(15)
II.2.3 Extrudeuse	(16)
II.2.4 Tête de soufflage à trois couches	(17)
II.2.5 Calibrage du film	(17)
II.2.6 Appareil de mesure d'épaisseur	(18)
II.2.7 Tirage de la gaine	(19)
II.2.8 Avance du film	(20)
II.2.9 Définition d'enroulage tangentiel/axial	(20)
II.2.9.1 Principe de fonctionnement	(21)
II.3 Les modes de défaillance	(23)

II.3.1 Classification générale des modes de défaillance	(24)
II.4 Les mécanismes de défaillance	(24)
II.4.1 Mécanisme de défaillance mécanique par déformations plastiques	(25)
II.4.2 Mécanisme de défaillance mécanique par frottement et usure	(25)
II.4.3 Mécanisme de défaillance mécanique par cisaillement	(26)
II.5 Fissuration du premier support porte arbre de bobinage	(26)
II.5.1 Introduction	(26)
II.5.2 Problématique	(27)
II.6 Fissuration du Support porte arbre de bobinage actuel (deuxième support)	(27)
II.7 Autres défaillances constatés sur l'extrudeuse à trois couches	(28)
II.7.1 Dysfonctionnement du système de coupe transversale avec lame	(28)
II.7.2 Manque de matières premières ou d'additifs dans les bacs d'alimentation	(29)
II.8 Conclusion	(29)

Chapitre 3 : Simulations et résultats

III.1 Introduction	(30)
III.2 Constituants du système de changement de bobine de l'enrouleur	(30)
III.2.1 Conception du système de changement de bobine de l'enrouleur	(30)
III.2.2 Préparation de simulation avec le logiciel SolidWorks	(31)
III.3 Simulation avec le logiciel SolidWorks	(32)
III.3.1 Simulation 1	(32)
III.3.1.1 Calcul du poids totale de l'arbre de bobinage	(32)
III.3.1.2 Calcule de la force exercée	(32)
III.3.1.3 Analyse des résultats de la simulation 1	(33)
III.3.2 Simulation 2	(33)

III.3.2.1	Calcule de la force du piston (vérin de pose)	(34)
III.3.2.2	Résultats de simulation avec le logiciel SolidWorks	(35)
III.3.2.3	Analyse des résultats de la simulation 2	(35)
III.3.3	Simulation 3	(36)
III.3.3.1	Analyse des résultats de la simulation 3	(36)
III.4	Solutions envisagées	(37)
III.4.1	Modification du support porte arbre de bobinage	(37)
III.4.1.1	Simulation et résultats de simulation avec le logiciel SolidWorks	(38)
III.4.1.2	Analyse des résultats de simulation	(39)
III.4.2	Autres solutions	(40)
III.5	Conclusion	(41)
	Conclusion générale	(42)
	Bibliographie	(43)

Liste des figures

Figure I.1 Principe d'extrusion.....	(6)
Figure I.2 Schéma de l'extrudeuse monovis	(7)
Figure I.3 Vue générale d'une extrudeuse bivis	(8)
Figure I.4 Extrudeuse à étages	(9)
Figure I.5 Schéma d'une ligne d'extrusion	(10)
Figure I.6 Principe d'extrusion soufflage	(10)
Figure I.7 Principe d'une ligne d'extrusion gonflage	(11)
Figure I.8 Représentation schématique d'un procédé d'extrusion multicouche	(12)
Figure II.1 Vue de l'installation d'extrusion-soufflage de la machine optimex	(14)
Figure II.2 Système de convoyeur à vide	(15)
Figure II.3 Dispositifs de dosage gravimétrique	(15)
Figure II.4 Extrudeuse avec douille rainurée	(16)
Figure II.5 Tête de soufflage compacte à trois couches	(17)
Figure II.6 Système de calibrage du film	(18)
Figure II.7 Appareil de mesure d'épaisseur	(18)
Figure II.8 Vue d'ensemble du système de tirage de la gaine	(19)
Figure II.9 Système d'avance du film	(20)
Figure II.10 Vue générale d'enroulage tangentielle/axial de l'extrudeuse optimex	(21)
Figure II.11 Côté gauche de l'enrouleur optimex	(22)
Figure II.12 Synoptique des groupes fonctionnels	(22)
Figure II.13 Dynamique de l'usure des lois de dégradation	(25)
Figure II.14 Le premier support porte arbre de bobinage fissuré	(26)
Figure II.15 Fissuration et déformation du premier support porte arbre de bobinage	(27)
Figure II.16 Côté gauche de l'enrouleur avec support porte arbre de bobinage en état de pose...	(28)
Figure II.17 Système de coupe transversale avec lame	(29)
Figure III.1 Système de changement de bobine de l'enrouleur optimex	(31)
Figure III.2 Maillage du support porte arbre de bobinage et de son support	(31)
Figure III.3 Résultats de simulation 1 avec le logiciel SolidWorks	(33)
Figure III.4 Résultats de simulation 2 avec le logiciel SolidWorks	(35)
Figure III.5 Résultats de simulation 3 avec le logiciel SolidWorks	(36)
Figure III.6 Schéma de plan réel du support porte arbre de bobinage	(37)
Figure III.7 Support porte arbre de bobinage modifié	(38)
Figure III.8 Résultats de simulation 3 avec le logiciel SolidWorks	(39)
Figure III.9 Comparaison de déformation du support porte arbre de bobinage	(40)

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Classification par domaine des modes de défaillance.....	(24)
--	------

Introduction générale

Introduction générale

L'extrusion des polymères occupe une très grande place dans la vie des êtres humains, son existence est devenue une chose incontournable, du fait que chacun de nous prouve chaque jour d'utiliser un sachet pour apporter ces achats, sans oublier que plusieurs de nos achats sont fabriqués en partie ou en totalité des matières plastiques.

Les machines d'extrusions des polymères, sont multiples où chacune d'entre elles remplissent une tâche bien spécifiée. La machine d'extrusion soufflage OPTIMEX est l'une d'entre elles, c'est une machine fabriquée par le géant producteur mondiale des machines tournantes (l'Allemagne).

L'extrudeuse à trois couches OPTIMEX de MERIPLAST est une machine d'extrusion de film plastique, cependant l'enrouleur (système de changement de bobine) a eu une défaillance dont nous ignorons les causes, ce qui fait l'origine de notre travail.

Dans le premier chapitre nous avons présenté dans un premier temps l'entreprise MERIPLAST en partant de sa localisation géographique importante arrivé aux divers produits polymères mis sur le marché. Ensuite nous avons présenté les différents procédés d'extrusion utilisés à travers le temps jusqu'au jour d'aujourd'hui (2019), les machines utilisées pour l'extrusion, leurs modes de fonctionnement, et leurs constitutions.

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté la machine d'extrusion soufflage OPTIMEX, les organes principaux d'extrusion du film plastique, leur principe de fonctionnement, et toutes les étapes enchaînées pour l'extrusion du film à partir d'une matière première jusqu'à la fin de sa procédure où il sera enroulé comme produit fini ou semi fini. Ensuite nous avons étudié le fonctionnement du système de changement de bobine, lequel nous a permis de mieux comprendre la manière avec laquelle le support porte arbre de bobinage côté gauche a eu une défaillance.

Le troisième chapitre sera consacré à la simulation avec le logiciel SolidWorks, lequel nous permettra de résoudre la problématique de fissuration et de déformation plastique que les deux supports porte arbre de bobinage présente, et enfin proposer des solutions pour résoudre le problème.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

I.1 Présentation de l'entreprise

I.1.1 Introduction

Nous allons parler dans un premier temps sur les données générales de l'entreprise MERIPLAST, en passant par sa situation géographique importante, ces capacités de production et les produits fabriqués, ensuite nous allons expliquer les différents procédés d'extrusions, les types d'extrusion et surtout les modes opératoires d'extrusion à partir d'un produit brut jusqu'à sa mise en forme finale.

I.1.2 Historique et situation géographique

L'unité de MERIPLAST est implantée Route de l'Arrière Port de BEJAIA

MERIPLAST est une unité de fabrication de films plastiques, dotée d'un équipement de dernière technologie. L'assiette de l'usine, s'étend sur une superficie de 4 500 M².

Sa localisation géographique.

- À proximité de l'entrée de la ville de Bejaia.
- Face au Port de BEJAIA et à moins de 3 km de l'aéroport international de Bejaia.

lui confère une position stratégique de premier ordre dans ses relations commerciales et internationales. Elle dispose depuis 2013, d'une infrastructure rénovée entièrement en mesure d'abriter l'ensemble des structures logistiques et de production, auparavant éparpillés dans différents endroits, Cette infrastructure est prévue également pour recevoir les nouveaux équipements de production envisagés dans le cadre de l'extension des capacités existantes.

I.1.3 Situation juridique

MERIPLAST, est une société de droit algérien, créée le 13 décembre 1999.

Elle est constituée juridiquement en SARL, au capital social de 354 Millions de DA, dont les parts sociales sont détenues pour 88.8 % par Mr Abdelhakim MERIDJI, gérant de la société.

I.1.4 Données techniques

I.1.4.1 Investissements réalisés dans les activités principales de l'Entreprise

Ils comprennent :

- Le bâtiment principal abritant la production, le laboratoire, les structures techniques et administratives ;
- L'ANNEXE abritant les infrastructures de stockage et de distribution,
- Les utilités, (centrale de froid, compresseurs, chaudières, groupe électrogène)
- Les équipements de production composés de :
 - 05 Extrudeuses.

- 01 Extrudeuse 03 couches.
- 01 Ligne d'extrusion OPTIMEX.
- 01 Imprimeuse flexographie avec une unité Hélios huit (08) couleurs.
- 01 Imprimeuse quatre (04) couleurs.
- 03 Découpeuses refendeuses.
- 03 Soudeuses.
- 01 Contre colleuse.
- 02 Unités de récupération plastique.
- Les véhicules de transport et de manutention.

I.1.4.2 Capacités de production

MERIPLAST est dotée d'une capacité totale de **2500** tonnes/mois de films plastiques, toutes qualités confondues :

- Neutres.
- Transparents.
- Colorés, imprimés.
- Avec ou sans soufflets.

Et ce au choix du client pour la laize et l'épaisseur.

I.1.4.3 Gamme de produits

Dans le contexte actuel, la gamme des produits " MERIPLAST " se compose des variétés suivantes :

- Film Thermo rétractable.
- Film thermo rétractable transparent.
- Film thermo rétractable imprimé.
- Film étirable.
- Film agricole stabilisé trois saisons.
- Film polyéthylène tri couches neutre et imprimé.
- Gaine plastique.
- Housse thermo rétractable.
- Gaine cover pall.
- Sacherie imprimée et personnalisée toutes dimensions.
- Film complexe neutre et imprimé.

I.1.4.4 Montée en cadence de la production

La production, depuis le démarrage de l'unité, a connu une montée en cadence régulière pour atteindre 1500 tonnes par mois suite à l'acquisition de la nouvelle ligne d'extrusion représentant 65 % des capacités existantes. La ligne a été installée et mise en route en octobre 2013, pour élargir la gamme de production à de nouveaux produits jusque-là importés, à l'instar des housses étirables et rétractables, (cover Pall) et améliorer ainsi la couverture du marché national au double plan quantitatif et qualitatif.

I.1.5 Données économiques

I.1.5.1 Ressources humaines

MERIPLAST, emploie 261 agents au 31/07/2018, répartis par catégorie socioprofessionnelle comme suit :

- Cadres : 40.
- Agents de maîtrise : 70.
- Exécution : 151.

I.1.5.2 Commercialisation

La commercialisation des produits MERIPLAST, s'étend à tout le territoire national.

Les parts de marché de MERIPLAST, connaissent un développement croissant et son chiffre d'affaires progresse régulièrement :

- 2010 : 1 616, 4 Millions de DA.
- 2011 : 2 211 Millions de DA.
- 2012 : 2 431, 2 Millions de DA.
- 2013 : 2 897,9 Millions de DA.
- 2014 : 3 264,6 Millions de DA.

I.1.6 Données financières

Les principaux agrégats de l'année 2013, s'établissent de la manière suivante :

1. Un patrimoine immobilier d'une valeur brute de 561,35 Millions de DA.
2. Un actif total brut de 2 578,39 millions de DA.
3. Un Chiffre d'affaires de 2 897,9 Millions de DA, en accroissement de + 19 %.
4. Un résultat Net après impôts de 82,16 Millions de DA.
5. Un effectif de 261 agents.
6. Un volume de production de 11520 tonnes de films plastique, tous articles confondus.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

I.1.7 Perspectives

Un programme d'investissement destiné à renforcer le potentiel de production existant, a été lancé en 2013 afin de consolider la place de MERIPLAST dans le marché du Film plastique.

Celui-ci vise notamment :

- a. La diversification de la gamme de production.
- b. L'amélioration de la rentabilité.

La recherche et développement de nouveaux produits, constitue par ailleurs un axe prioritaire de la politique commerciale de MERIPLAST, pour les prochaines années.

I.1.8 Fiche technique

Raison sociale : Sarl MERIPLAST.

Adresse Siège social et Usine : Rue O, Arrière port BEJAIA.

Tél : (034) 20 10 17 – (034) 21 25 65.

Fax : (034) 22 49 56.

E-Mail: contact@meriplast.dz

Site web: WWW. meriplast.dz

Statut juridique : SARL.

Capital social : 454.130.000,00 DA.

Date de création : 13 12 1999.

Gérant : MERIDJI Abdelhakim.

Directeur des Ressources Humaines : AHFIR Abid.

Directeur Finances/Comptabilité : HALOUANE Yacine.

Directeur Production : ARROUL Mourad.

Directeur Maintenance : MECHOUCHE Rabah.

Responsable Contrôle Qualité et Recherches Développement : HAMICHE Nadjah.

Responsable Audit et Contrôle Gestion : ALILAT Toufik.

Inscrite au Registre de Commerce sous le N° 00 B 0183463 -00/06.

N° Identifiant Fiscal (NIF): 0 000 0 601 834 6385.

N° Identifiant Statistique (NIS) : 000006010202676.

N° d'article d'imposition : 06010406094.

Domiciliation Bancaire : BDL Agence BEJAIA – RIB : 00500152400223971006.

Date d'Entrée en Exploitation : 01/04/2000.

Surface totale de l'usine : 1860 M².

Surface couverte : 1860 M².

Montant de l'investissement : 281,3 Millions de DA.

Capacités de production : 11520Tonnes/a.

1.2 Généralité sur l'extrusion

I.2.1 Historique

L'extrusion est une ancienne méthode qui a servi pendant longtemps dans plusieurs domaines, tels que la production des produits alimentaires (biscuits, fromage), des produits de construction (ex : faïence, céramique), des produits de bricolage (ex : vis, câble électrique, tuyaux de gaz), ...etc.

A la fin du 17ème siècle, l'extrusion des tuyaux de plomb a vu le jour, en 1950 le recouvrement des câbles électriques avec la technique de gutta-percha sera enfin utilisé.

L'histoire de l'extrusion des polymères remonte à 1870, et elle peut être décomposée en quatre périodes :

- La première période débute de 1870 jusqu'à 1940, pendant laquelle l'inventeur gutta-percha a mis en œuvre l'extrusion monovis pour l'isolation des câbles.

Depuis ce temps, l'extrusion monovis est utilisée pour plusieurs autres matériaux tels que les caoutchoucs, mais les vis des extrudeuses étaient courtes et chauffées à la vapeur.

Pendant cette période on a remarqué l'invention des autres modèles d'extrudeuses comme, les vis à dégazage avec deux étages en 1915, le chauffage électrique en 1936, l'extrusion du PVC en 1937, et plus encore les bivirus, qui se sont accompagnés avec le développement des mélangeurs internes des matières premières en 1879.

- La deuxième période s'étend de 1940 jusqu'à 1950 : les matières premières se sont diversifiées, et les vis des extrudeuses sont fabriqués avec un diamètre plus grand. Par contre, on a vu apparaître les vis modulaires pour l'extrusion bivirus.

- La troisième période débute de 1950 jusqu'à 1965 : des études théoriques sur le procédé d'extrusion monovis ont commencé par le développement des écoulements des matières premières fondues (1953), convoyage des polymères solide en 1954), et enfin la fusion de ces derniers en 1959.

- La quatrième période s'étend de 1965 jusqu'à la fin des années 90 : le développement durable ne cesse d'accroître avec le fil du temps, et le progrès de la monovis à la bivirus était un pas considérable avec les études théoriques sur les vis contrarotatives depuis 1963 jusqu'au début des années 90. La découverte de plusieurs nouveaux polymères et additifs, a permis aux entreprises de découvrir d'autres modes opératoires comme l'extrusion réactive, et plus encore l'extrusion des polymères à multiples couches surtout pour l'emballage des produits pharmaceutiques [1].

I.2.2 Définition de l'extrusion

L'extrusion est un procédé de mise en forme des polymères très important, il permet de fabriquer des produits prêts à être consommés ou utilisés par le client (films, fromage, sachet, tuyaux, câbles, papier). Cette procédure d'extrusion est réalisable par transformation des matières premières.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

L'extrusion (Figure I.1) est un processus technologique enchaîné fondé sur un système vis-fourreau [2].

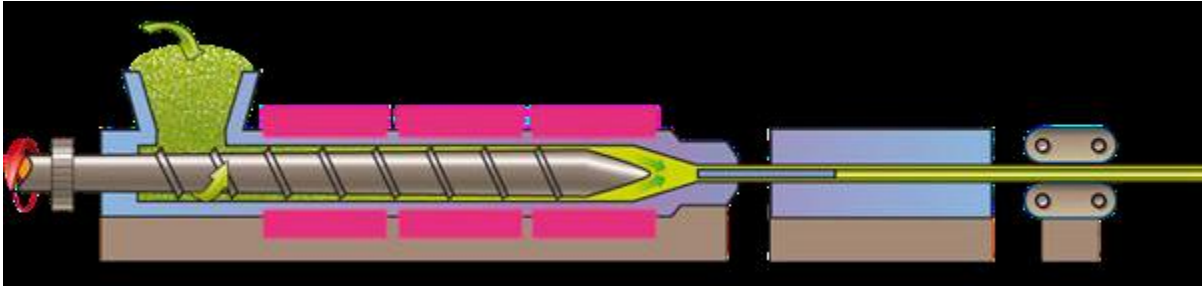


Figure I.1 Principe d'extrusion

I.2.3 Principe de fonctionnement

La méthode consiste à introduire la matière première dans une trémie, qui va alimenter la vis sans fin qui tourne à l'aide d'un motoréducteur et tourner à l'intérieur d'un fourreau chauffé. Cela va permettre de mélanger la matière fondue sous l'effet de la température, et de la faire avancer à travers cette vis jusqu'à la fin où elle sera introduite dans la filière, et les machines qui réalisent cette méthode sont appelées extrudeuses.

Le principe de l'extrudeuse était déjà modélisé par les machines de fabrication des pâtes alimentaires, avant d'en arriver à l'emballage du film plastique.

A l'entrée du fourreau, se fixe une trémie qui alimente la machine en polymères. Ces polymères peuvent être introduits soit sous forme de granulés ou de poudre. A la sortie du fourreau se fixe la tête d'extrusion qui permet de mettre en forme et en épaisseur la matière fondue.

La matière première fondue doit être refroidie pendant sa mise en forme définitive, une opération pour laquelle des systèmes de refroidissement en air froid et d'aspiration d'air chaud sont placés.

Le produit fini refroidi est alors entraîné au moyen d'un système de tirage à une vitesse réglée par l'opérateur de machine, il sera ensuite guidé à travers des cylindres où il sera ensuite enroulé sur un enrouleur [2,3].

I.2.4 Les différents types d'extrudeuses

I.2.4.1 Extrudeuse à une vis (Extrudeuse monovis)

L'extrudeuse monovis (Figure I.2) est une machine de transformation des thermoplastiques, elle est caractérisée par le diamètre et la longueur de la vis.

La matière première, sous forme de poudre ou de granulés, est introduite au début de la vis d'Archimède qui tourne dans un fourreau régulé en température.

Le déplacement de la matière résulte de la rotation de la vis sur la matière, qui frotte sur les parois internes du fourreau.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

Les vis des monovis sont interchangeables en fonction de la nature et des caractéristiques des matières thermoplastiques.

Fonctionnellement, la vis se compose de trois zones différentes [4] :

- Une zone d'alimentation ou d'entrée.
- Une zone de compression ou de fusion.
- Une zone de régularisation, ou zone de sortie ou de Pompage.

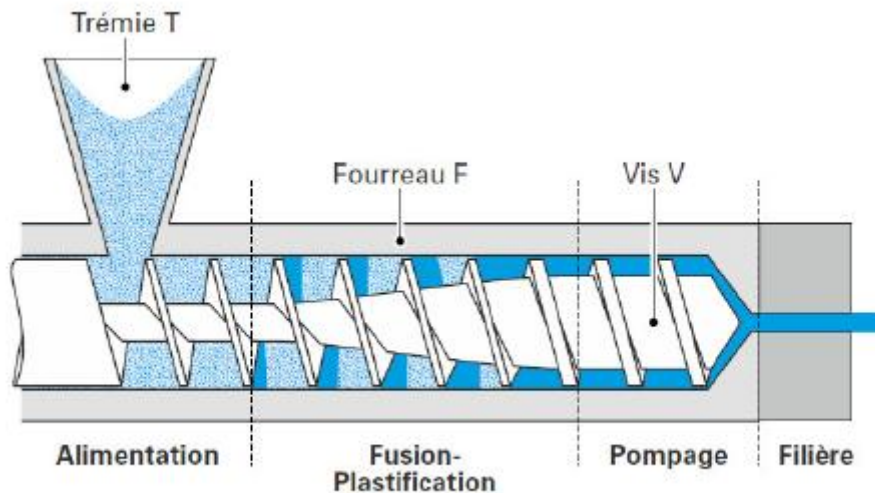


Figure I.2 Schéma de l'extrudeuse monovis

I.2.4.2 Extrudeuse à deux vis

En générale l'extrudeuse bisis (Figure I.3) comporte deux vis parallèles, qui tournent à l'intérieur d'un fourreau. La progression des extrudeuses bisis contrarotatives où les deux vis tournent à sens contraire vers des extrudeuses corotatives (même sens), a permis l'évolution d'extrusion dans le domaine des matériaux pastiques.

Le profil de vis, le nombre de fourreaux et la filière sont des paramètres importants pour caractériser et dimensionner une extrudeuse bisis. Il s'agit des paramètres machine et produit pour assurer des conditions propres à chaque procédé d'extrusion, et ils peuvent être résumés comme suit :

- Les paramètres machine :
 - la vitesse d'alimentation en matière.
 - la vitesse de rotation des vis.
 - la température de consigne des fourreaux.

- Les paramètres produit :
 - la composition chimique du produit.
 - les caractéristiques thermo-physiques et rhéologiques du produit.

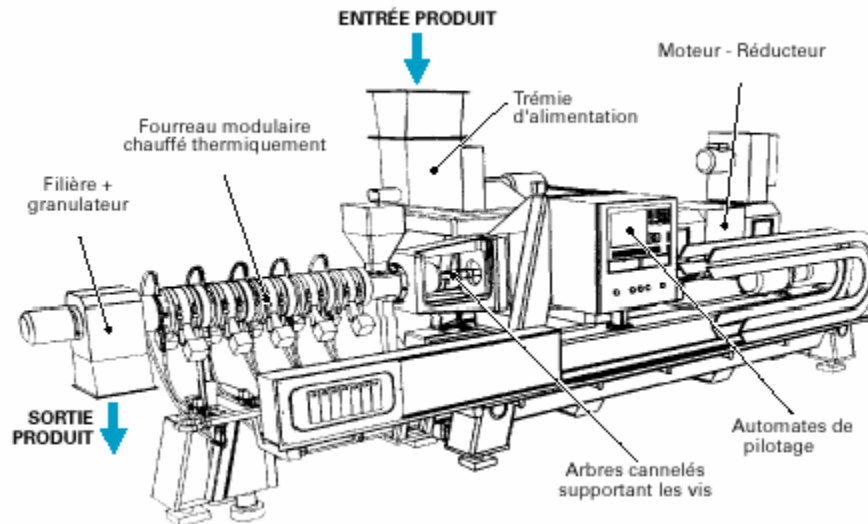


Figure I.3 Vue générale d'une extrudeuse bavis

L'extrudeuse bavis se compose des éléments suivants [5] :

- Un groupe d'entraînement et un moteur principal.
- Un ou plusieurs dispositifs d'alimentation en matière (trémie, doseur).
- Un ensemble vis-fourreau avec des éléments de chauffage-refroidissement.
- Une filière pour la mise en forme de la matière première fondue.
- Un guidage parallèle/horizontale ou bien les deux pour guider le produit fini à être enrouler
- Enfin, pour la commande de l'extrudeuse, une armoire de pilotage réunit les constituants de la machine (démarrage, sécurité, les dispositifs de régulation, et de mesure).

I.2.4.3 Extrudeuses spéciales

Les constructeurs ont développé des machines pouvant remplir plusieurs fonctions à la fois telles que : mélangeage, malaxage, dégazage, granulation et même certaines réactions chimiques en continu.

Ces procédés peuvent être utilisés pour [4]:

- La fabrication des plastiques avec plusieurs techniques (stabilisation, coloration, plastification, dégazage, granulation),
- La fabrication des "alliages" d'un polymère avec un second composant polymère.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

- La fabrication des compounds : plastiques mélangés à des composants minéraux.

Les extrudeuses spéciales utilisées pour ces procédés sont de construction modulaire, avec montage des vis à différentes géométries sur un arbre cannelé associé à des éléments de cylindre.

I.2.4.4 Extrudeuses à étages

L'extrudeuse à étages (figure I.4) présente deux types d'extrudeuses reliés entre elles par une chambre de transfert, et les vis qui permettent l'avance de la matière, ont une vitesse qui peut être réglées séparément.

- Il existe des extrudeuses monovis dites en "L", qui se composent d'un organe d'extrusion vertical, alimenté par une trémie située au-dessus, et qui débouche dans la zone d'alimentation d'une seconde Vis, située en dessous et perpendiculairement.
- L'extrudeuse double-vis, présente des modèles dont les deux étages sont parallèles et superposés [6].

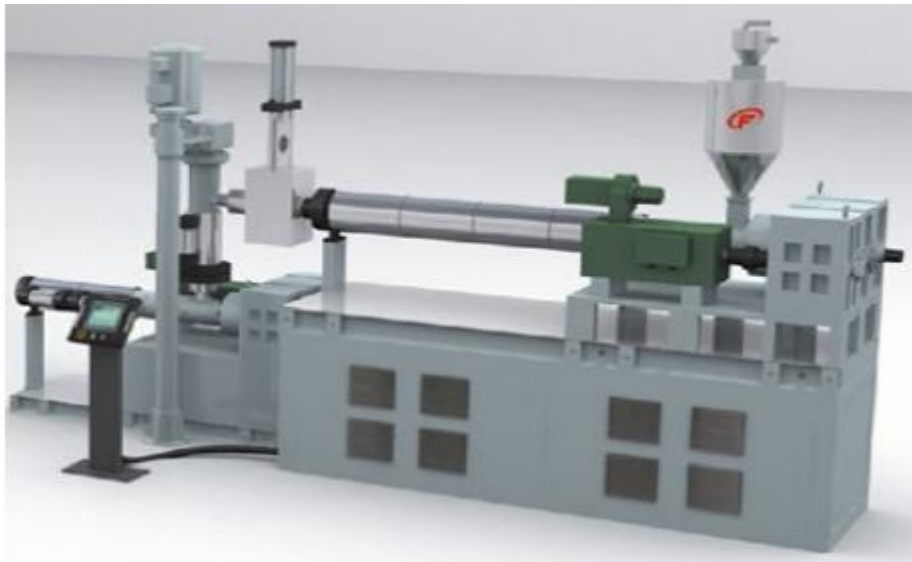


Figure I.4 Extrudeuse à étages

I.2.4.5 Extrudeuses exceptionnelles

Elles ne sont ici que citées à titre d'information [6] :

- Extrudeuses à effet Weissenberg.
- Extrudeuses type Maxwell.
- Extrudeuses à engrenages.

I.2.5 Composition d'une ligne d'extrusion

Les lignes d'extrusion (figure I.5) se composent généralement de [7] :

- Une ou plusieurs extrudeuses, monovis ou multi-vis.

- Une filière d'extrusion.
- Un dispositif de conformation.
- Un bac de refroidissement.
- Un banc de tirage.
- Un banc de découpe.
- Un banc de réception ou enrouleur.

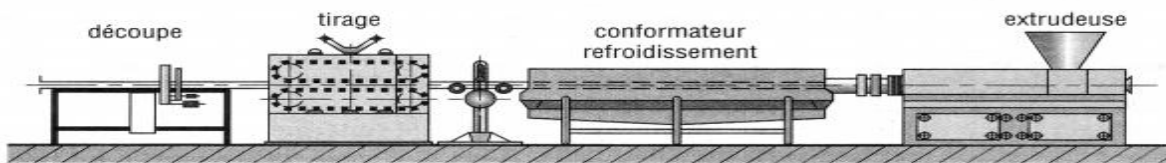


Figure I.5 Schéma d'une ligne d'extrusion

I.2.6 L'extrusion soufflage

Le procédé d'extrusion soufflage sert à la fabrication de corps creux thermoplastiques, il est utilisé dans de multiples secteurs.

L'extrusion soufflage (figure I.6), consiste principalement à extruder verticalement un tube (creux), et le moule se referme sur ce tube. La canne de soufflage est insérée dans le haut du moule, qui souffle dans le tube creux, et elle est généralement faite en acier poli.

Pour des raisons d'encombrement, l'extrusion est très souvent horizontale. A l'aide d'un outillage appelé tête d'équerre, un air sous pression est soufflé au centre du tube creux lors de son extrusion. Cet air passe donc par la vis et la filière, toutes deux creuses.

Il y a deux empreintes symétriques de moule :

- Refroidissement de moule.
- Des couteaux et l'aiguille (une canne).

La pression de gonflage est généralement comprise entre un et dix bars [8].

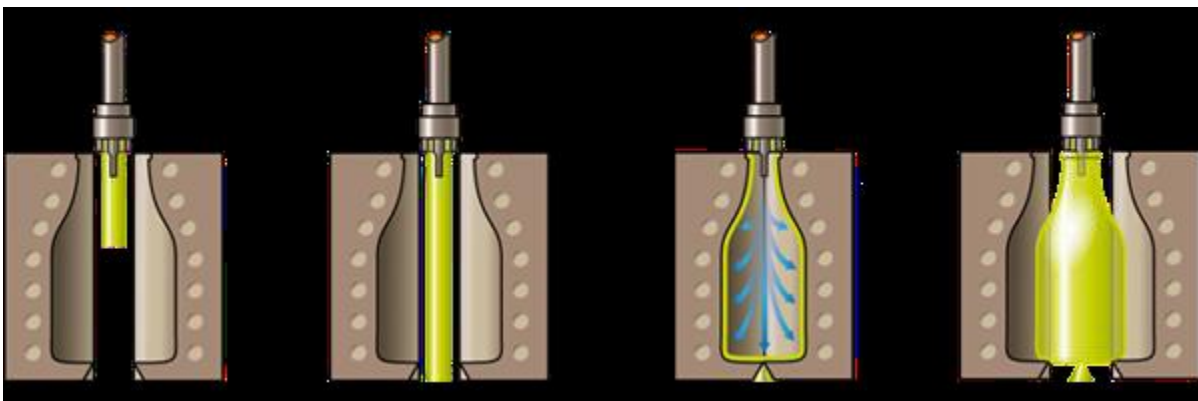


Figure I.6 Principe d'extrusion soufflage

I.2.7 L'extrusion gonflage

L'extrusion gonflage (figure I.7) est une gaine formée par un procédé d'extrusion permettant la fabrication de films polymère.

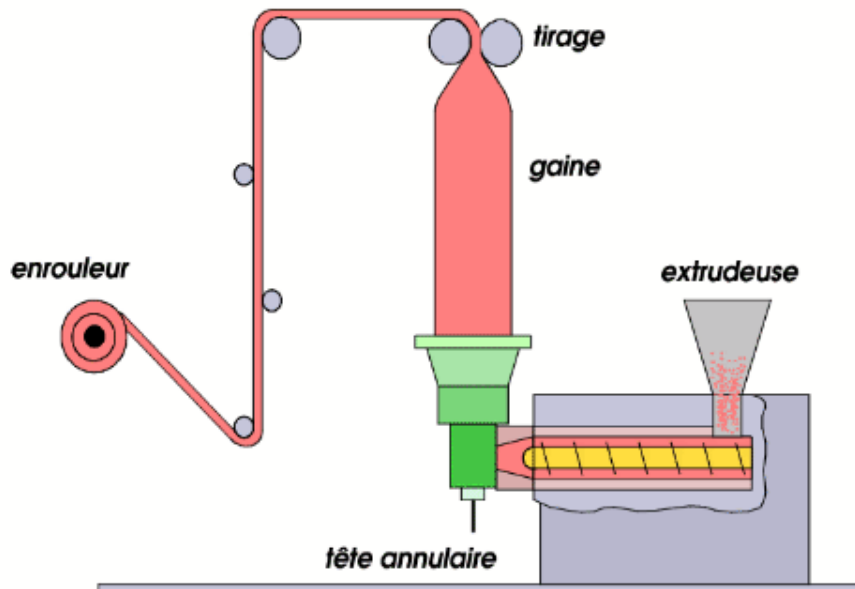


Figure I.7 Principe d'une ligne d'extrusion gonflage

Pour assurer une action homogène de la pesanteur sur le film très fin, il faut positionner verticalement les filières qui sont dans les installations de soufflage de gaines.

La sortie du polymère fondu se fait vers le haut car il va falloir beaucoup de place pour souffler et refroidir la gaine.

L'extrusion du polymère fondu en continu à travers une filière annulaire, nous donne un tube épais [8].

I.2.8 Extrusion multicouches ou multi matières

Les procédés multicouches ou multi matières consistent à faire écouler en même temps, à travers plusieurs vis et polymères, de façon à ce que ces différents constituants s'épousent mais ne se mélangent pas (figure I.8).

Les méthodes de mise en forme sont multiples, l'une d'entre elles est d'intercaler une couche de polymère recyclé entre deux couches de polymère vierge, de façon à réduire le coût total du produit. Le défi technique est d'assurer une bonne adhésion entre les différentes couches, ceci ne pose pas de problème lorsque les polymères sont d'une même nature (ex : polyéthylène haute densité), par contre si les polymères sont différents, il va falloir ajouter un liant.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et généralités sur l'extrusion

On utilise actuellement et quotidiennement des produits (flacons, films...) comprenant cinq à six constituants différents, et même dans certaines structures qui vont jusqu'à une dizaine de couches [8].

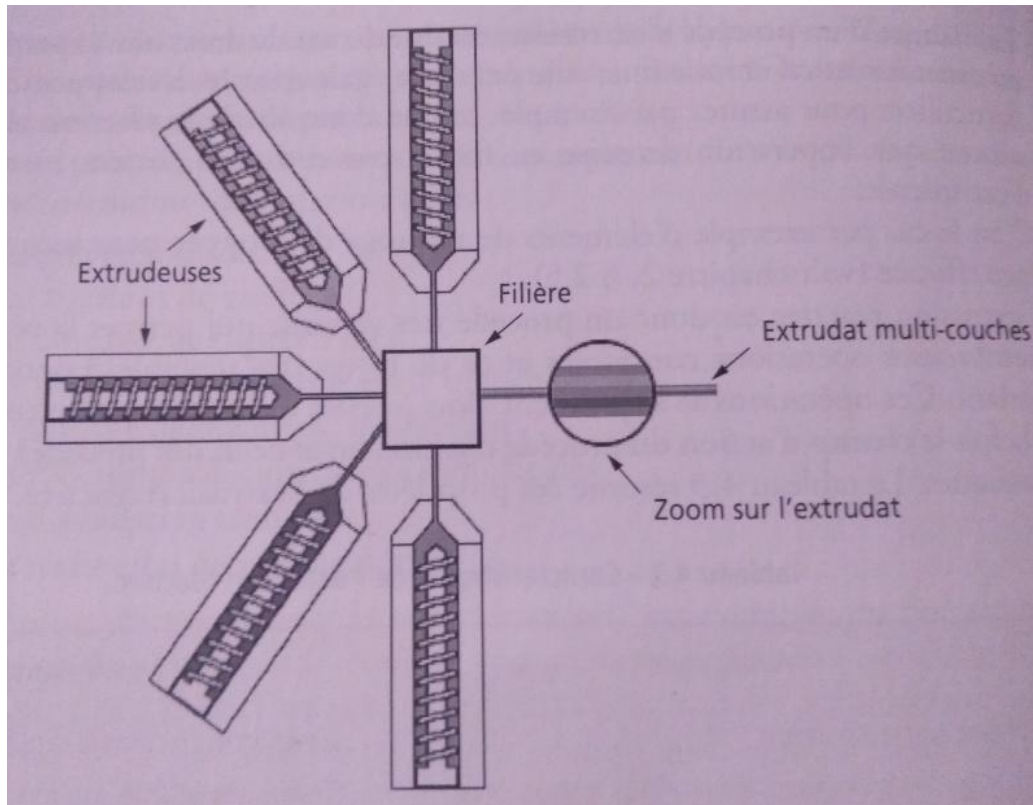


Figure I.8 Représentation schématique d'un procédé d'extrusion multicouche

I.2.9 Conclusion

Nous avons découvert de plus près les différents procédés d'extrusion, qui permettent de comprendre la manière avec laquelle certains produits industriels sont extrudés, et les différentes machines qui nous permettent d'extruder comme la monovis, la bivio et surtout les multivis qui nous permettent d'extruder des produits finis prêts à être utilisés. Et comme exemple nous pouvons citer le film plastique que nous utilisons chaque jour dans notre vie quotidienne.

Chapitre 2

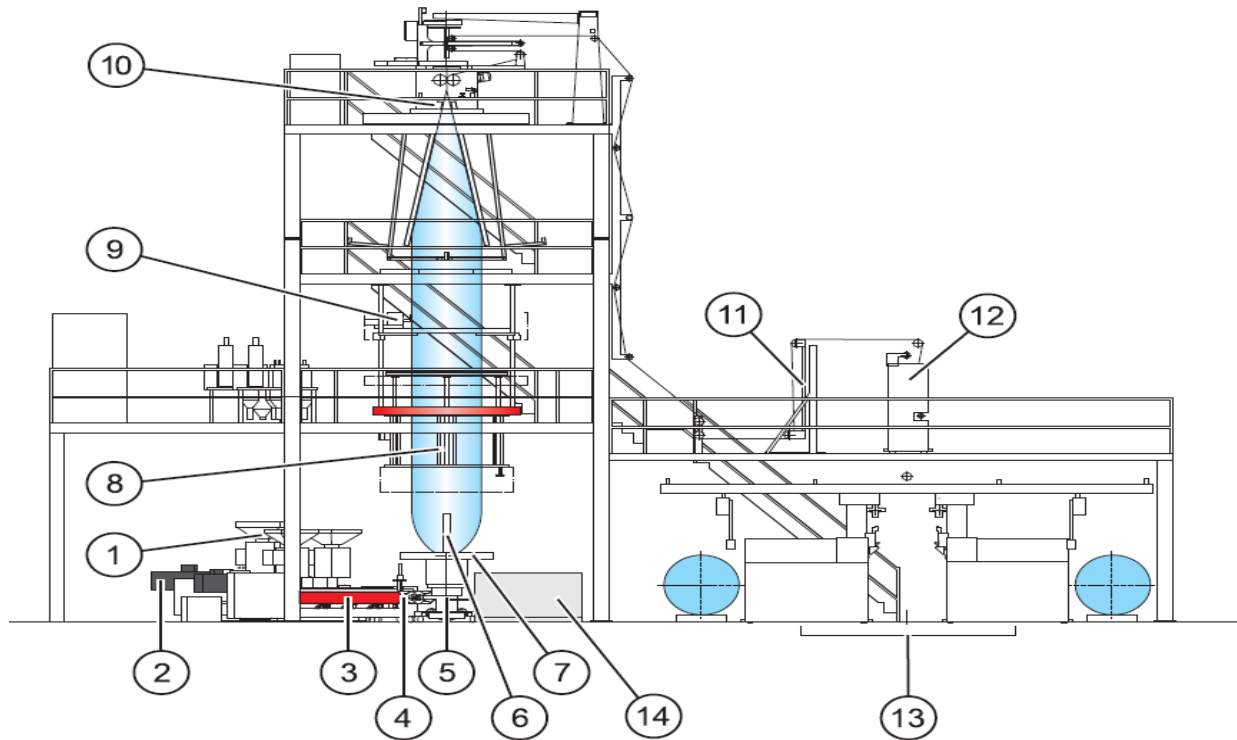
Mécanismes de défaillance du système étudié

II.1 Introduction

L'extrusion soufflage est l'une des techniques les plus utilisées dans l'extrusion du film plastique de nos jours. Cependant, pour pouvoir analyser et déterminer les causes des dysfonctionnements, il faut étudier le principe de fonctionnement du système ainsi que sa composition. Alors dans ce chapitre nous allons décortiquer les éléments constituant la machine optimex, dans lequel nous expliquant le processus de prise de matière première, les dispositifs permettant la transformation et la mise en forme de cette dernière, leurs principes de fonctionnement. Et les techniques utilisées pour convoier, guider et enrouler le film plastique sous sa forme finale. Ensuite nous étudions les différents modes et mécanismes de défaillance, avec lesquelles nous effectuons une analyse approfondie sur la défaillance du support porte arbre de bobinage de l'enrouleur côté gauche.

II.2 L'installation d'extrusion-soufflage de la machine optimex

L'installation d'extrusion-soufflage (Figure II.1) a pour rôle de fabriquer des films plastiques soufflés multicouches. La matière première en état fondue homogène, traverse les différentes vis sans fin où elle sera poussée sous haute pression dans le tube annulaire, qui sort sous forme d'un ballon refroidi par un système de refroidissement. Le ballon sera donc guidé par un système de tirage. Enfin le film plastique traverse les différents cylindres jusqu'à ce qu'il sera enroulé avec l'enrouleur tangentiel/axial.

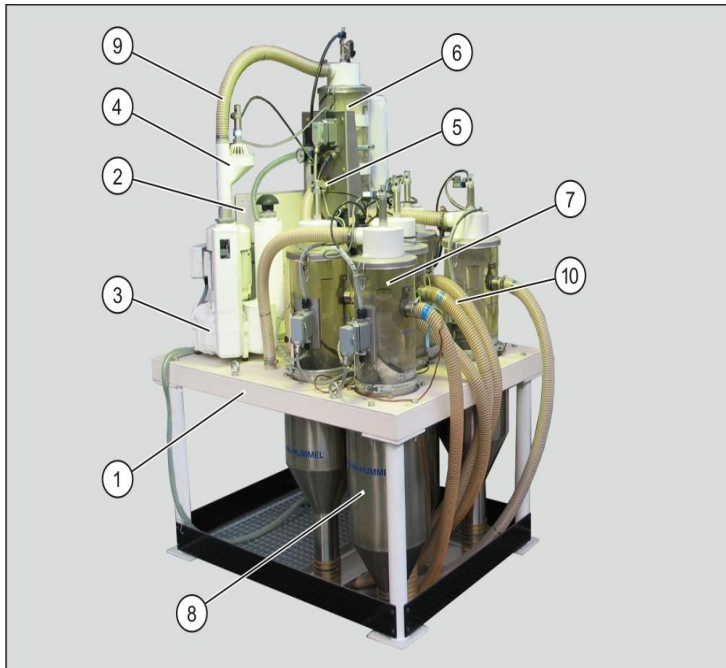


- | | |
|--|---|
| (1) Dosage gravimétrique et régulation de débit. | (8) Dispositif de calibrage de film avec réglage de bulle par ultrasons sans contact. |
| (2) Entraînement direct par moteur triphasé de l'extrudeuse. | (9) jauge d'épaisseur de film. |
| (3) Vis sans fin d'alimentation et cylindre.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

Figure II.1 Vue de l'installation d'extrusion-soufflage de la machine optimex [9]

II.2.1 Système de convoyeur à vide

Le système de convoyeur à vide (Figure II.2) approvisionne les trémies des différentes extrudeuses en granulés plastiques à savoir, matières premières et additifs. Ces granulés sont aspirés des bacs, des silos ou des conteneurs à travers les différentes conduites et filtrés ensuite dans le séparateur de matériau. De là, ils s'écoulent dans les différentes trémies.



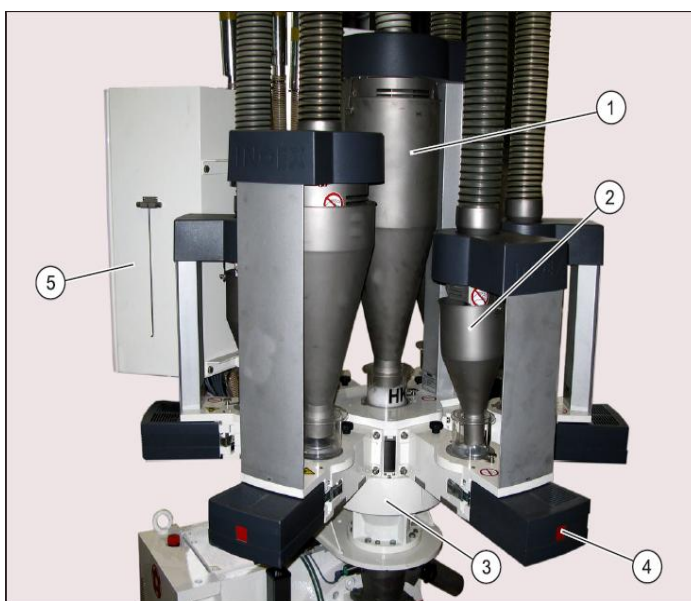
- (1) Plate-forme.
- (2) Armoire de commande.
- (3) Soufflante de compression annulaire.
- (4) Soupape de dérivation.
- (5) Soupape de réglage de pression avec filtre de maintenance.
- (6) Filtre central.
- (7) Séparateur de matériau.
- (8) Trémie.
- (9) Conduit de vide.
- (10) Conduite d'aspiration.

Figure II.2 Système de convoyeur à vide [9]

II.2.2 Dispositifs de dosage gravimétrique

Le dosage gravimétrique (Figure II.3) permet un réglage selon le poids au mètre, et cela permet d'avoir une épaisseur de film moyenne constante et reproductible.

Ce réglage est obtenu par saisie constante du poids de matériau consommé qui est mesuré en continu, après cela le remplissage des trémies peut être fait.



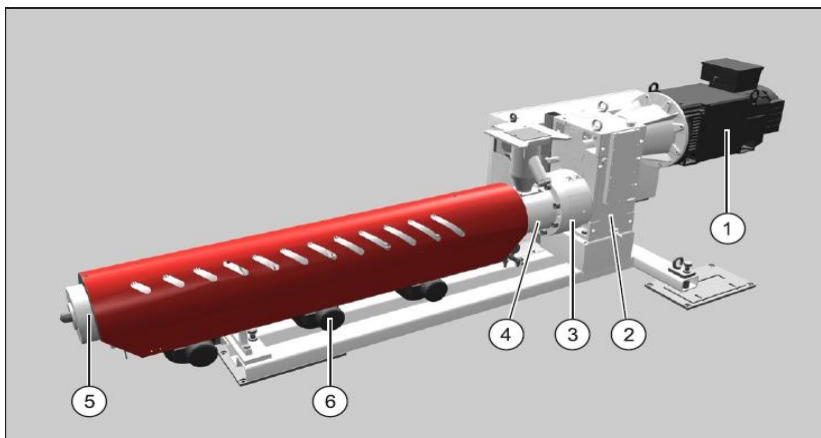
- (1) Composants principaux de la trémie de pesée.
- (2) Composants auxiliaires de la trémie de pesée.
- (3) Chambre de mélange.
- (4) Doseur à vis sans fin.
- (5) Armoire de commande.

Figure II.3 Dispositifs de dosage gravimétrique [9]

II.2.3 Extrudeuse

Tout processus d'extrusion comprend une extrudeuse (Figure II.4). Le rôle de l'extrudeuse est d'apporter à l'entrée de la filière une matière fondue ayant les caractéristiques suivantes [8] :

- Homogène physiquement : pas de particules non fondues d'une part, et d'autre part, des colorants et charges bien dispersés.
- Homogène en température.
- A la température souhaitée (adaptée aux éventuels traitements ultérieurs).
- Non dégradée.
- Dégazée.
- A la pression nécessaire pour le passage dans la filière



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

Figure II.4 Extrudeuse avec douille rainurée [9]

L'extrudeuse est constituée essentiellement des composants suivants :

- Entraînement principal avec moteur asynchrone triphasé.
- Un motoréducteur qui possède des pignons à plusieurs étages.
- Un arbre de sortie d'engrenage creux pour la transmission du couple d'entraînement.
- Douille rainurée en longueur refroidie massivement. Le refroidissement de la douille rainurée en longueur s'effectue par un appareil de thermorégulation à eau central.
- Fourreau bimétallique avec éléments de refroidissement et de chauffage.
- Vis de transport en acier à outils très résistant, qui possède des zones spéciales de mélanger et d'homogénéiser la matière fondue.
- Cadre de base sur lequel se pose l'extrudeuse.
- Dispositif d'extraction mécanique de la vis [9].

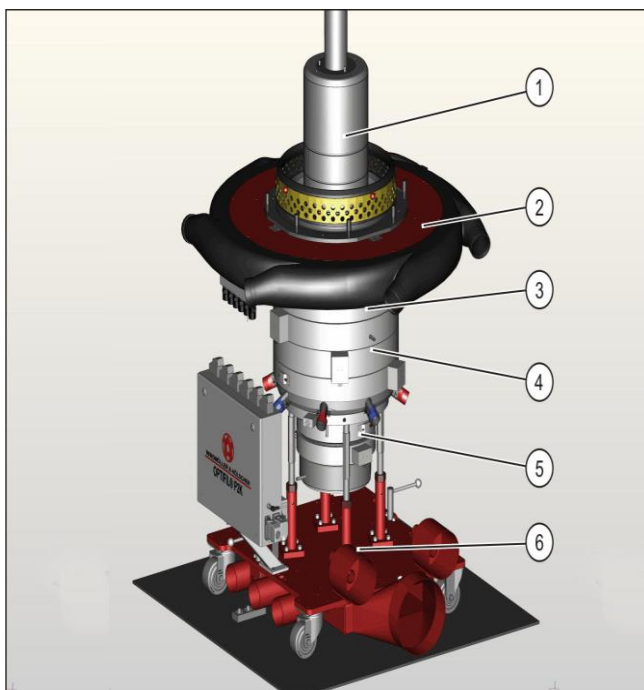
II.2.4 Tête de soufflage à trois couches

La tête de soufflage multicouche (Figure II.5) moule les différentes matières fondues (polyéthylène et additifs), provenant de trois extrudeuses.

- La principale extrudeuse possède un grand diamètre, et approvisionne la tête avec une plus grande quantité de matière fondue. Cette dernière va sortir à travers un petit vide circulaire et formera une couche circulaire qui sera donc la plus épaisse du film plastique produit.

- Les deux autres extrudeuses 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.

Les trois couches formées, vont donc former un ballon circulaire qui sera refroidi en aspirant vers l'extérieur à travers des tuyaux l'air chaud intérieur dégagé par le film, et soufflé sur le film avec de l'air froid qui est amené de l'extérieur.

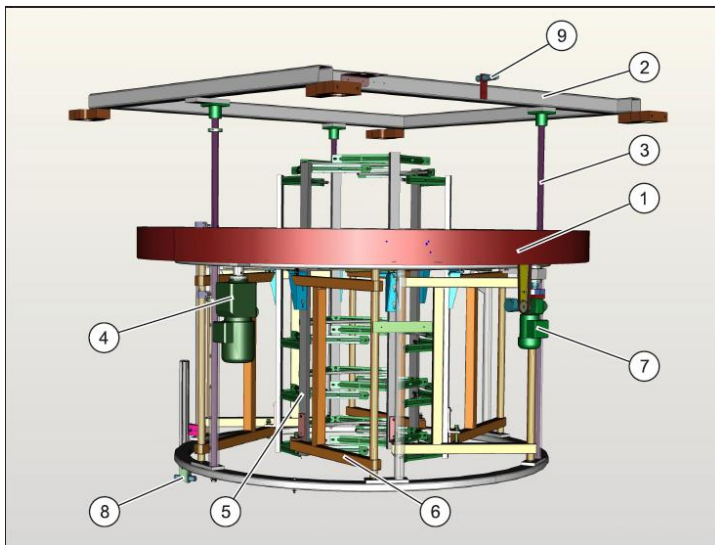


- (1) Refroidissement intérieur du film.
- (2) Refroidissement extérieur de film MULTICOOL DUAL LIP.
- (3) Filière.
- (4) Répartiteur principal de matière fondue.
- (5) Répartiteur primaire de matière fondue.
- (6) Chariot de support.

Figure II.5 Tête de soufflage compacte à trois couches [9]

II.2.5 Calibrage du film

Le film plastique produit sous forme d'un ballon tubulaire passe de bas en haut à travers le système de calibrage (Figure II.6), des petits rouleaux en téflon fixé aux bras de levier permettent de réguler la largeur du ballon qui passe. L'opérateur de machine peut donc introduire les valeurs souhaité de largeur de la corbeille par commande numérique via le pc de commande, qui va actionner le motoréducteur (4) pour ouvrir ou fermer les rouleaux.

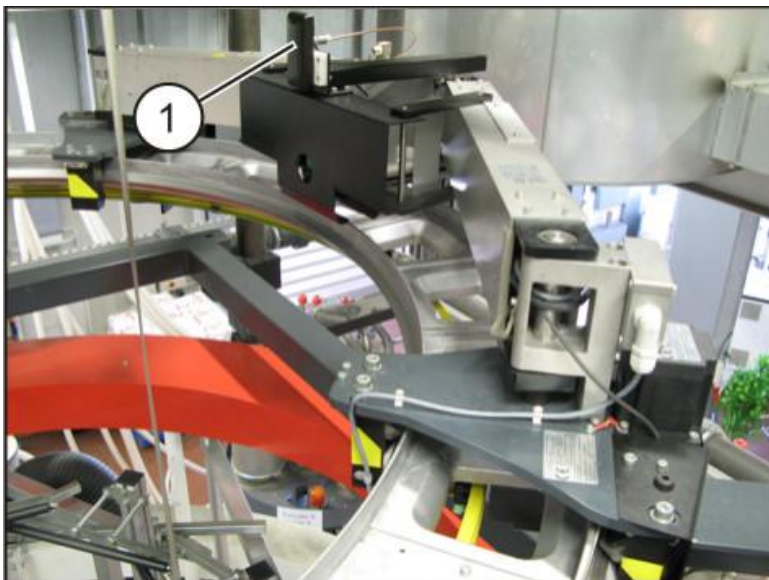


- (1) Corbeille de calibration.
- (2) Châssis porteur.
- (3) Broche filetée.
- (4) Motoréducteur pour réglage de la hauteur.
- (5) Support avec segments de guidage.
- (6) Bras de levier.
- (7) Motoréducteur pour réglage du diamètre.
- (8) Détecteur à ultrasons.
- (9) Détecteur de rupture de bande.

Figure II.6 Système de calibration du film [9]

II.2.6 Appareil de mesure d'épaisseur

L'appareil de mesure d'épaisseur (Figure II.7) permet de mesurer l'épaisseur du film plastique (ballon tubulaire). Un capteur capacitif est placé sur la tête du dispositif permet d'enregistrer tout le temps le profil transversal du film passant. Le dispositif est alors fixé sur un support mené de petites roues qui appuient sur un disque circulaire. Le capteur fait donc un parcours circulaire autour du film tubulaire et mesure en permanence l'épaisseur sur 360°.



- (1) Dispositif de mesure d'épaisseur rotative

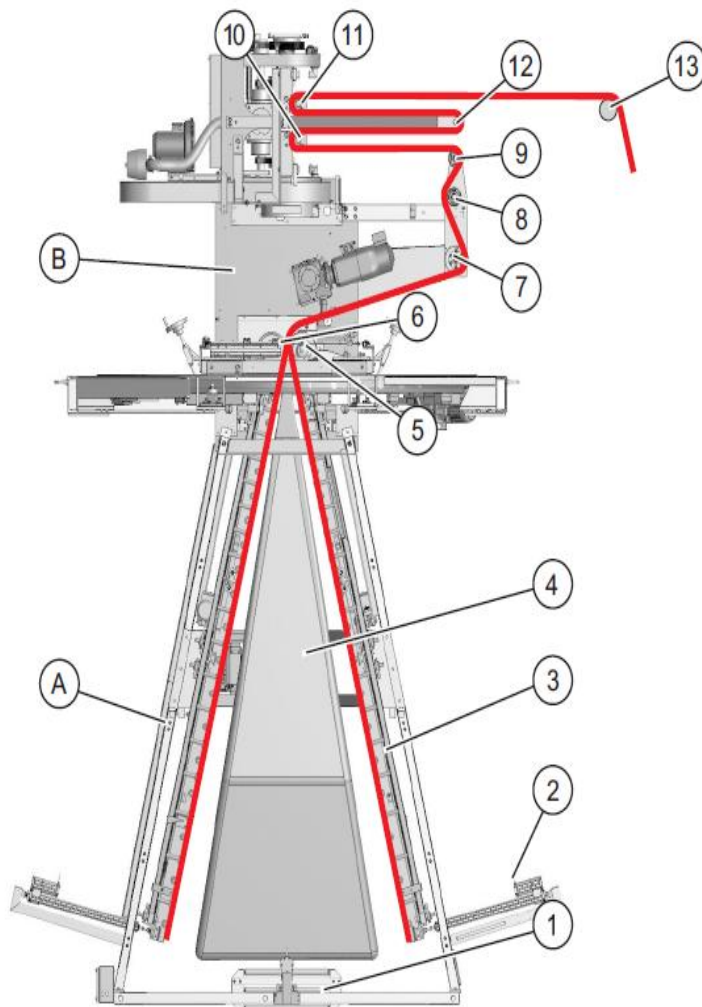
Figure II.7 Appareil de mesure d'épaisseur [9]

II.2.7 Tirage de la gaine

Le système de tirage de la gaine (Figure II.8) se divise en deux systèmes essentiels, à savoir la mise à plat (A), et le tirage de la gaine à réversion.

La mise à plat permet de guider verticalement le film tubulaire venant du bas, de façon pyramidale jusqu'au sommet où il sera mis à plat par deux plaques en bois. Le film tubulaire peut être laissé passer librement jusqu'à la mise à plat, ou intercepté par les planches à soufflets latéraux (4) pour créer des soufflets sur les coté du tube (ex : sachet plastique).

La réversion permet de maintenir en permanence la pression sur le film montant en état plat (5) et (6), et de réguler ça température via les deux barres de retournement pneumatique (10) et (11) en refroidissant en permanence le film plastique.



- (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 CFK.
- (4) Triangle latéral bois (soufflet = option).
- (5) Cylindre de tirage en acier.
- (6) Cylindre de pression.
- (7) Cylindre défecteur, 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.

Figure II.8 Vue d'ensemble du système de tirage de la gaine [9]

II.2.8 Avance du film

Après que le film plastique soit met à plat, le film arrive vers les deux cylindres de refroidissement (3) et (7) où il sera refroidi une dernière fois avant d'être enrouler (Figure II.9).

Les deux cylindres (5) permettent de séparer le film met à plat précédemment vers deux enrouleur où ils seront enroulés, et cela âpres avoir coupé le film tubulaire dans la station de coupe des lisières (1) qui dispose des lames de coupe posé longitudinalement contre un cylindre des deux côtés du film.

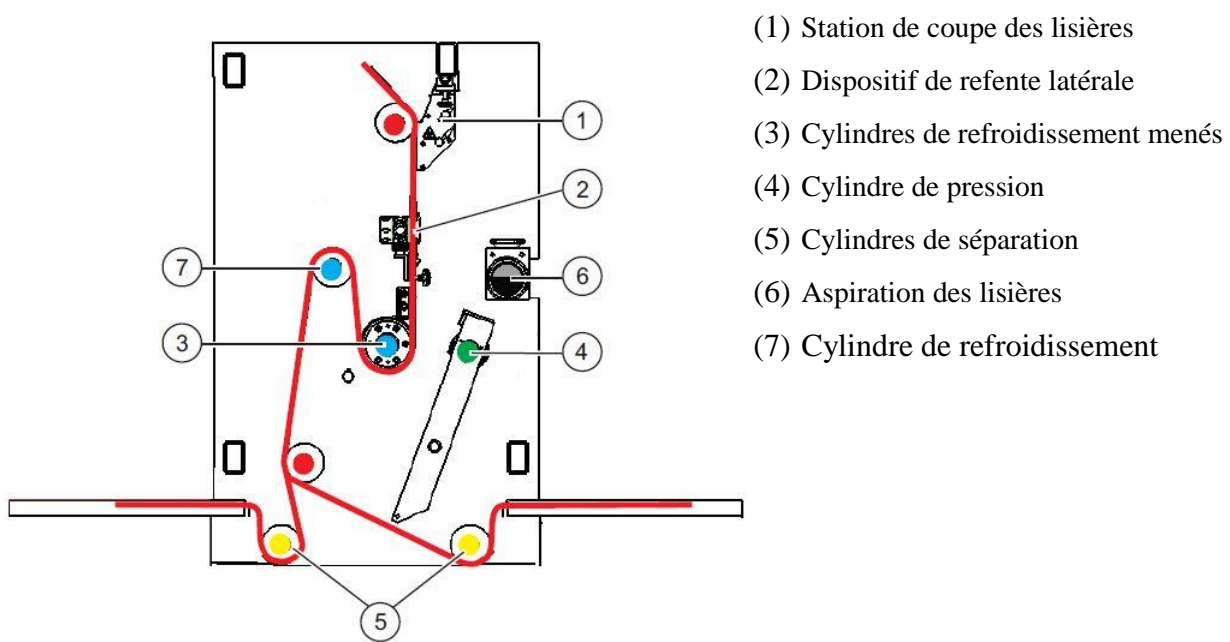
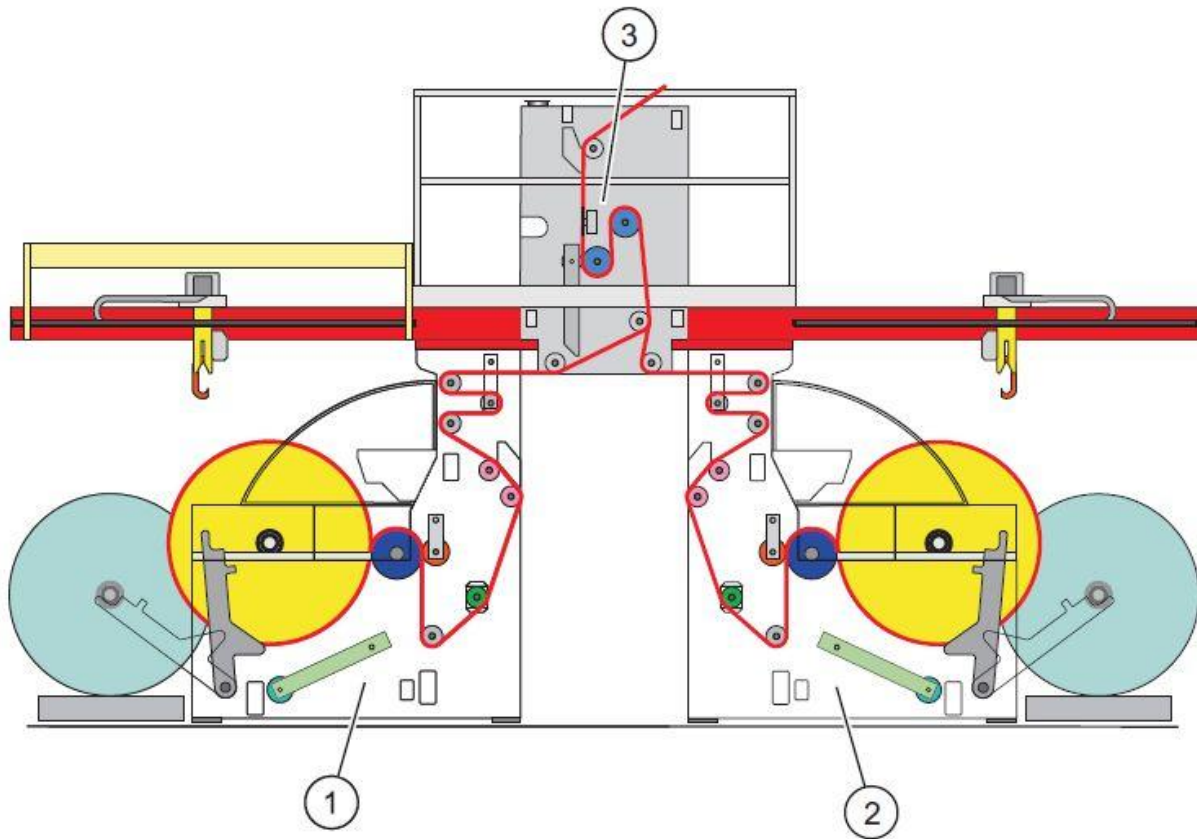


Figure II.9 Système d'avance du film [9]

II.2.9 Définition d'enroulage tangentiel/axial

L'enrouleur (Figure II.10) est un système fonctionnel qui permet l'avance du film plastique à travers les différents cylindres, et de l'enrouler sur un arbre de bobinage.

L'enroulage des bobines se fait de façon axial et tangentielle avec appui permanent de l'arbre de bobinage sur le cylindre de contact, un motoréducteur et un coupleur sont installés sur l'arbre de bobinage pour fixer ce dernier et l'entraîner à une vitesse constante [10].



(1) Poste de bobinage A ; (2) Poste de bobinage B ; (3) Avance de film

Figure II.10 Vue générale d'enroulement tangentielle/axial de l'extrudeuse optimex [9]

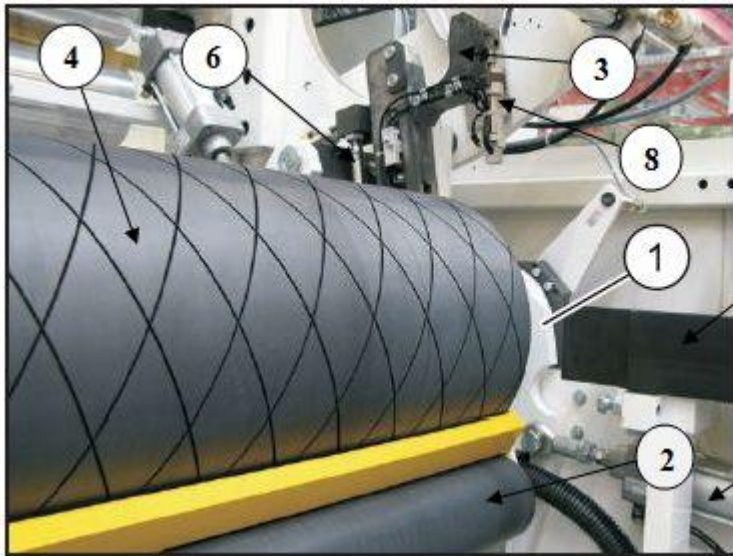
II.2.9.1 Principe de fonctionnement

Le système d'enroulement de la bobine et de changement d'une nouvelle (Figure II.11-12) respectivement, passe par plusieurs étapes qui sont :

- L'opérateur de machine introduit un nouvel arbre de bobinage dans le dispositif d'insertion de ce dernier (9) en utilisant l'engin de levage (14).
- Les deux supports portes arbre de bobinage (3), apportent l'arbre de bobinage pour appuyer sur le cylindre de contact (4), via le vérin de pose (6), qui pivote le système de changement de bobine (1).
- A cet instant, Le cylindre défecteur (2) pivote et lève le film plastique du cylindre de contact (4) et le film s'enroule sur le nouvel arbre de bobinage.
- La lame transversale, se déplace rapidement du côté gauche au côté droit et sectionne le film plastique.
- Le système de changement de bobine (1), amène le nouvel arbre de bobinage sur le guide parallèle de bobinage (7) via le vérin de réversion (6).
- Le coupleur vient dans la ligne axiale de l'arbre de bobinage, et se couple avec ce dernier.

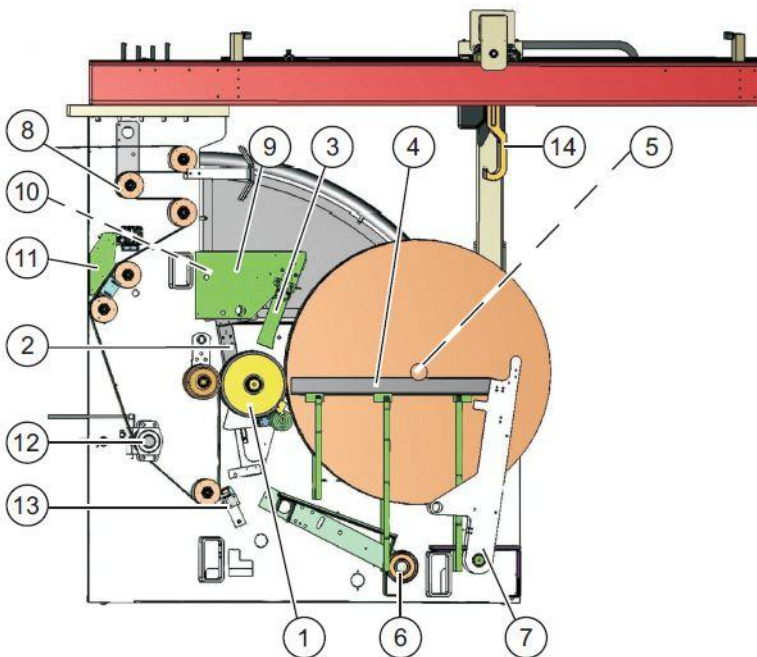
Chapitre 2 : Mécanismes de défaillance du système étudié

- Le petit vérin (8) relâche donc l'arbre de bobinage des deux côtés, et l'enroulage de la bobine peut continuer jusqu'à des diamètres bien définis préalablement par l'API (Automate Programmable Industriel).



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

Figure II.11 Côté gauche de l'enrouleur optimex [9]



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

Figure II.12 Synoptique des groupes fonctionnels [9]

II.3 Les modes de défaillance

Un mode de défaillance est une cause de défaillance ou une possibilité qu'un système présente une défaillance, mais parfois ils sont décrits comme des catégories de défauts.

Un système peut présenter une ou plusieurs possibilités de défaillance, et plus un système est complexe, plus il existe de modes de défaillance.

Un mode de défaillance s'exprime par la manière dont un équipement ne remplit plus sa fonction, par exemple :

-Perte de fonction : rupture, blocage, grippage, coincement.

-Fonctionnement intempestif : coup de bélier.

-Refus de démarrer au moment prévu : absence de jeu, fuite, circuit hydraulique bouché, court-circuit, connexion desserrée.

-Fonctionnement dégradé : jeu, déformation, vibration, desserrage, corrosion, perte de performance, fatigue, fissure, désalignement, etc. **[11]**.

Chapitre 2 : Mécanismes de défaillance du système étudié

II.3.1 Classification générale des modes de défaillance

Le tableau II.1 nous résume quelques modes de défaillance dans certains domaines d'utilisation :

Tableau II.1 Classification par domaine des modes de défaillance [12]

DOMAINE MECANIQUE	DOMAINE ELECTRO- MAGNETIQUE (E.M.)	DOMAINE HYDRAULIQUE- PNEUMATIQUE- GAZ	DOMAINE THERMIQUE	DOMAINE CHIMIQUE	PHENOMEN ES MENTAUX
<ul style="list-style-type: none"> - Fissuration - Déformation élastique - Déformation permanente - Grippage - Usure - Écrouissage - Fatigue - Oxydation - Précontraintes - Contraintes résiduelles - Concentration de contraintes - Cisaillement - Abrasion - Frottement - Érosion - Vibrations - Vieillessement - Fusion - Montage - Couplage - Gommage 	<ul style="list-style-type: none"> - Claquage - Étincelage / Arc - Effet Joule - Perte Joule - Perte magnétique - Courants de Foucault - Désaimantation - Émissivité E.M. - Sensitivité E.M. - Saturation - Effet de peau - Électricité statique 	<ul style="list-style-type: none"> - Cavitation - Pollution - Contamination - Diffusion - Incompatibilité/Corrosion - Perte de charge - Coup de bélier - Onde de choc - Turbulence - Couplage fluide - Structure - Vaporisation - Condensation - Solidification - Sublimation - Liquéfaction - Absorption - Sedimentation - Ebullition - Ballotement 	<ul style="list-style-type: none"> - Convection - Conduction - Rayonnement - Contraintes thermiques - Dilatation (différentielle) - Contradiction (différentielle) - Échauffement - Flash - Choc thermique 	<ul style="list-style-type: none"> - Détonation - Déflagration - Absorption - Auto-ignition - Ionisation - Électrolyse - Décomposition - Polymérisation - Affinité - Corrosion - Précipitation - Vieillessement - Stratification - Coalescence 	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur - Oubli - Mauvaise interprétation - Mauvaise utilisation - Sabotage - etc....

II.4 Les mécanismes de défaillance

Les mécanismes de défaillance sont des processus présents dans plusieurs domaines d'utilisation, qui peuvent être mécanique, chimique, électromagnétique ou autre, et avec le temps ces mécanismes ont tendance à conduire vers une ou plusieurs défaillances, ou ont déjà conduit à ces dernières [13].

Nous rencontrons dans l'industrie devers défaillances : électrique, mécanique, chimique, etc. cependant elles se présentent sous plusieurs mécanismes. Par exemple : le vieillissement des isolants électriques, comme les pièces isolantes des contacteurs et les revêtements des câbles, auxquels nous devons prendre certaines vérifications pour détecter l'origine des causes, ou bien, effectuer les contrôles d'isolement. Par contre les défaillances mécaniques présentent une large

gamme de mécanismes, lesquels sont parfois difficiles à détecter jusqu'à une période tardive. Alors certains de ces mécanismes sont présentés dans ce qui suit.

II.4.1 Mécanisme de défaillance mécanique par déformations plastiques

La déformation plastique d'une pièce métallique est une diminution de section suite à une traction par laquelle elle dépasse sa limite d'élasticité.

Les déformations plastiques peuvent être dues à plusieurs contraintes, mécaniques ou thermiques. Ces déformations sont de nature irréversible et ne peuvent être découvertes qu'à une période tardive, et c'est pour cela qu'il est important de vérifier de façon permanente l'état des pièces mécaniques (une apparition d'une friction peut être le signe d'un dépassement de la limite d'élasticité).

Les statistiques ont montré qu'une déformation plastique d'une pièce mécanique suite à des contraintes thermiques (fluage), est due à un dépassement de 40% de la température de fusion. Pour remédier à ce genre de déformation, une installation d'un capteur de température est fortement conseillé [15].

II.4.2 Mécanisme de défaillance mécanique par frottement et usure

Les frottements entre deux pièces mécaniques en contact ou en mouvement est un phénomène physique relativement naturel, et cela peut bien causer des usures avec le temps.

Les périodes d'usure d'une pièce mécanique (Figure II.13) peuvent être résumées en trois phases [14] :

- Phase 1 : c'est la période dans laquelle deux pièces mécaniques ou plus en état neuf sont mises en service. On l'appelle aussi période de rodage, et c'est dans cette période que ces pièces commencent à s'unir les unes des autres par enlèvement des petites ondulations dues principalement à des défauts de fabrications.
- Phase 2 : c'est la période dans laquelle les pièces opèrent de façon stable, et l'usure est pratiquement linéaire.
- Phase 3 : c'est la période dans laquelle l'usure des pièces atteint ces valeurs maximales. Un arrachement de petits bouts de morceau de différentes pièces peut être le signe d'une dégradation rapide des pièces, et l'analyse des lubrifiants utilisés entre elles peut nous le confirmer.

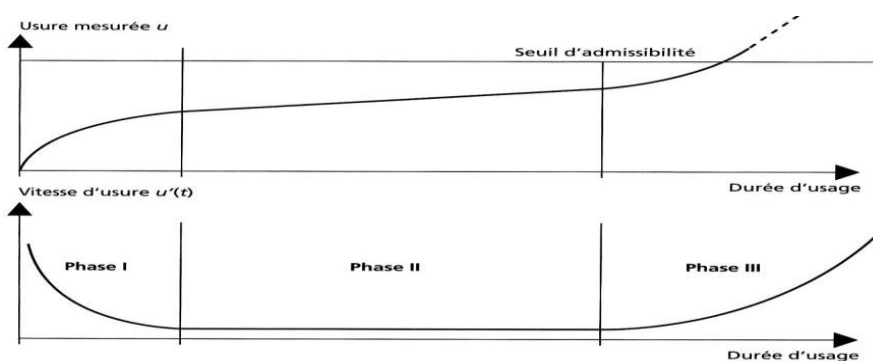


Figure II.13 Dynamique de l'usure des lois de dégradation [14]

II.4.3 Mécanisme de défaillance mécanique par cisaillement

Dans les zones d'assemblage de deux ou plusieurs pièces, un affaiblissement de la section des différents composants qui est dû à l'élargissement des trous des boulons ou à une réduction du profilé. Cela diminue la résistance des matériaux utilisés provoquant une défaillance de l'assemblage. Cette défaillance peut être traduite par le cisaillement des boulons ou d'une section faible de l'assemblage, qui va entraîner une perte de fonction à laquelle il est destiné.

II.5 Fissuration du premier support porte arbre de bobinage

II.5.1 Introduction

Le système d'enroulage de l'extrudeuse à trois couches possède deux postes de bobinage A et B.

Le poste de bobinage coté A (Figure II.10) possédant deux supports porte arbre de bobinage sur lesquels se pose un arbre de bobinage vide incliné de 10° par rapport à la verticale.

Le support porte arbre de bobinage (Figure II.14) est le premier à avoir une défaillance depuis la mise en service de l'extrudeuse, et plus précisément, depuis la mise en service de l'enrouleur A en 2013.

Le premier support donc a dû être remplacé par un deuxième support neuf identique, mais ce dernier présente la même défaillance que le premier support, cela nous a conduit à étudier de plus près ce dernier.



Figure II.14 Le premier support porte arbre de bobinage Fissuré

II.5.2 Problématique

Le support porte arbre de bobinage (figure II.15) est le premier support porte arbre de bobinage qui a eu une défaillance, et cette défaillance peut être décrite comme suit :

- Une fissuration dans la région (1).
- Une déformation plastique du support porte arbre de bobinage.

La fissuration et la déformation du support porte arbre de bobinage à induit l'inclinaison de ce dernier vers l'extérieur de l'enrouleur.

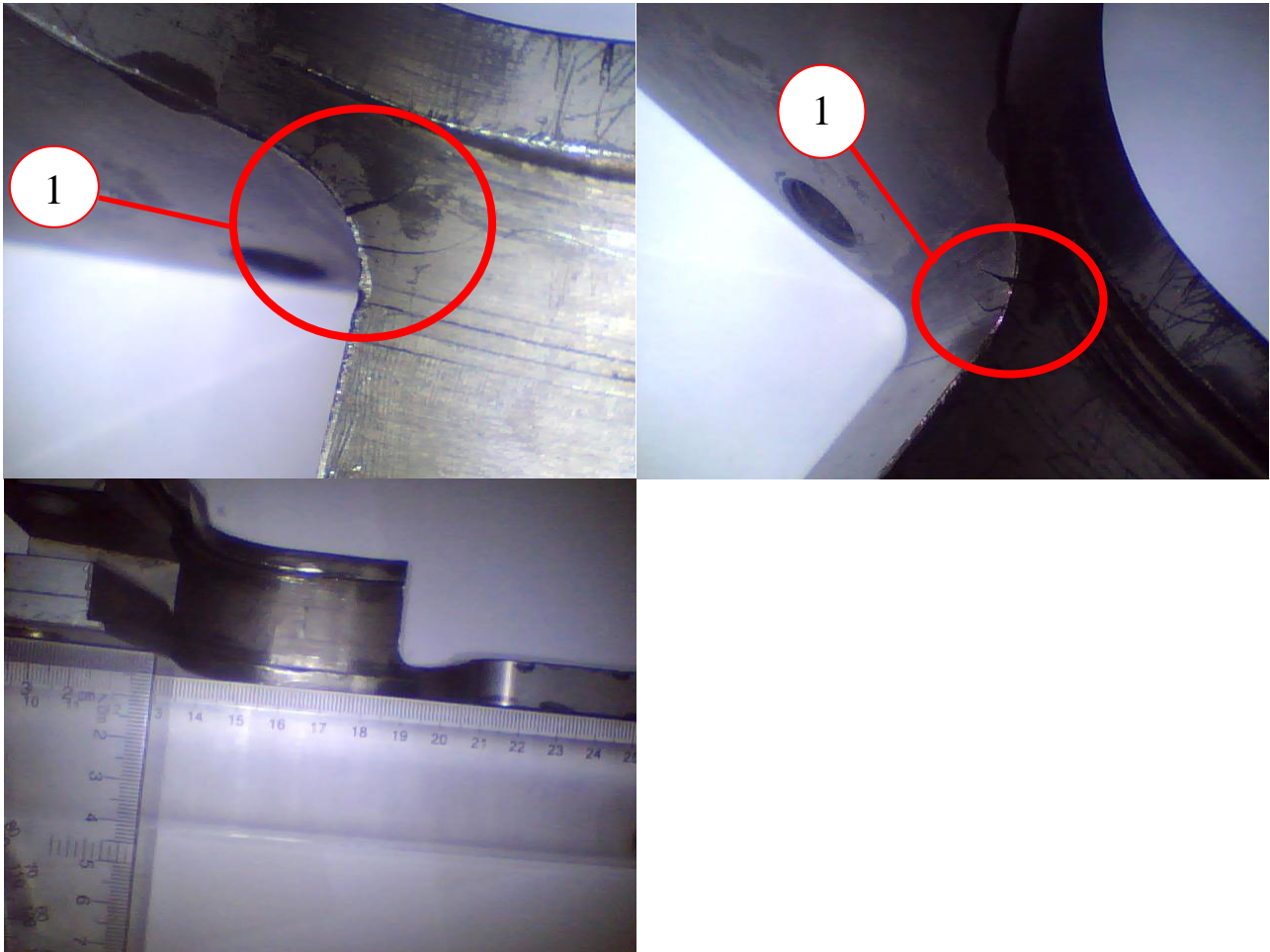


Figure II.15 Fissuration et déformation du premier support porte arbre de bobinage

II.6 Fissuration du Support porte arbre de bobinage actuel (deuxième support)

La figure II.16 nous montre le côté gauche de l'enrouleur A, et nous avons constaté sur le support actuel les défaillances suivantes :

- déplacement du support porte arbre de bobinage par rapport à la normale (1).
- les vis et leurs écrous qui tiennent le support porte arbre de bobinage sont cisailés (2).
- le support porte arbre de bobinage actuel (3) présente la même défaillance que le premier installé.

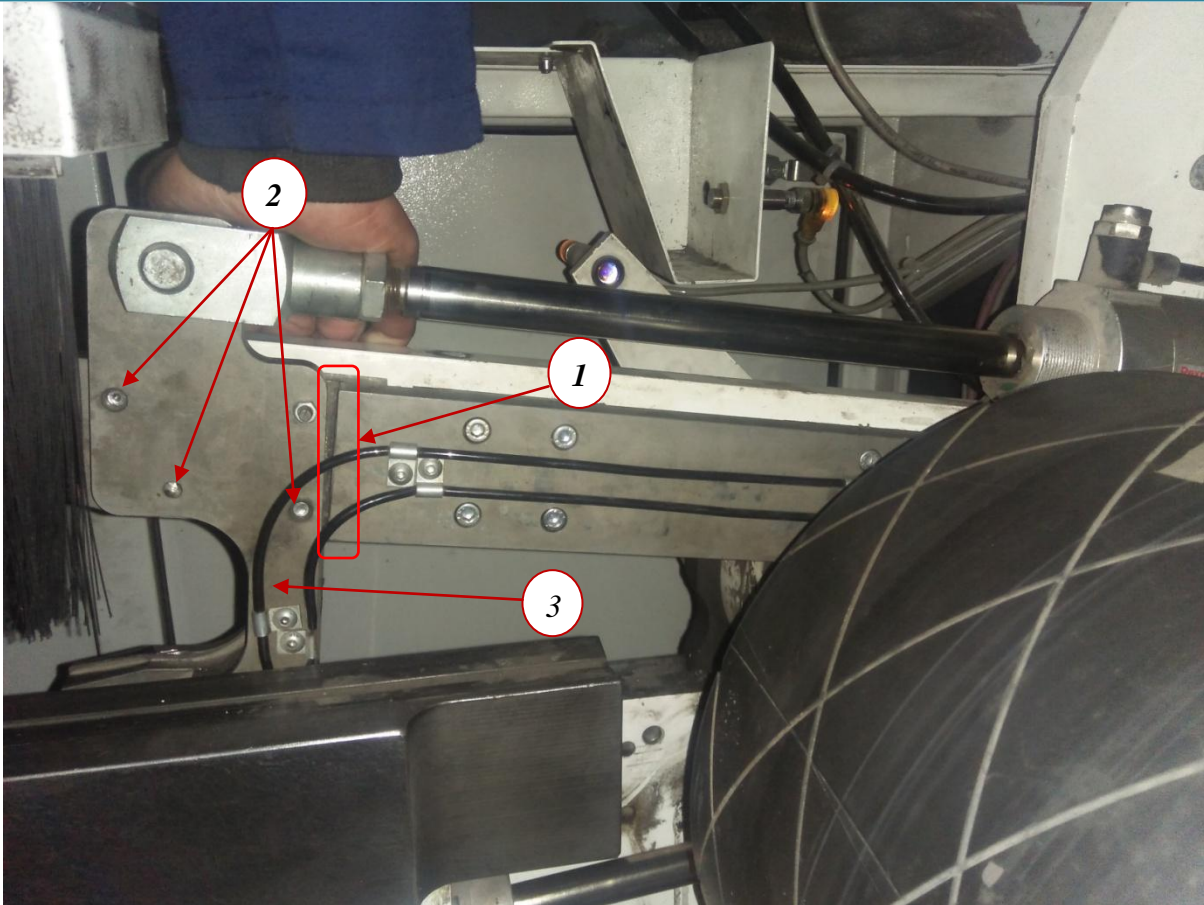


Figure II.16 Côté gauche de l'enrouleur avec support porte arbre de bobinage en état de pose

II.7 Autres défaillances constatés sur l'extrudeuse à trois couches

II.7.1 Dysfonctionnement du système de coupe transversale avec lame

Le système de coupe transversale avec lame (Figure II.17), permet de sectionner le film plastique lors de changement de bobine avec une nouvelle, et cela se fait avec une lame (1) à commande pneumatique (vérin pneumatique). Ce dernier a eu une fissuration de l'orifice d'aspiration, ce qui a entraîné une fuite d'air comprimé vers l'extérieur. Cela a induit une diminution de pression disponible pour faire revenir la lame à sa place initiale et cela était visible avec la diminution de la vitesse de la lame. Donc, il a fallu remplacer le vérin par un autre neuf.



Figure II.17 Système de coupe transversale avec lame [5]

II.7.2 Manque de matières premières ou d'additifs dans les bacs d'alimentation

Il arrive presque tous les jours que les bacs d'alimentation en matières, soit premières ou additifs ou les deux en même temps, qu'ils soient à moitié vides, cela ne permet pas aux tuyaux d'aspirations qui sont posés à l'intérieur des bacs d'aspirer de la matière. Cela déclenche une alarme de manque de matière dans le bac cible, qui peut être corrigé par une simple intervention d'un opérateur de machine pour fourrer bien le/les tuyaux dans la matière et permettre l'aspiration de ce dernier.

II.8 Conclusion

Ce chapitre nous montre la façon par laquelle le film plastique est extrudé à partir de la machine optimex en utilisant la technique d'extrusion soufflage, et surtout les différents organes qui nous permettent d'avoir un film plastique avec plusieurs largeurs et longueurs. Cependant cela à permet d'étudier de plus près le mode et le mécanisme avec lesquels le support porte arbre de bobinage à une défaillance.

Chapitre 3

Simulations et résultats

III.1 Introduction

Ce chapitre va se porter sur l'étude du mécanisme de changement de bobine de l'enrouleur (Fissuration et déformation plastique des deux supports portes arbre de bobinage réels), ce qui va nous permettre de simuler avec le logiciel SolidWorks, lequel va nous permettre de remédier au problème.

III.2 Constituants du système de changement de bobine de l'enrouleur

Nous avons tout au début coté toutes les pièces du système de changement de bobine avec un pied à coulisse d'une précision de 5/100, ce qui nous a permis de modéliser les différentes pièces avec le logiciel SolidWorks.

Premièrement, nous avons modélisé toutes les pièces en 2D (deux dimensions), ensuite nous avons modélisé en 3D (trois dimensions) pour donner une forme géométrique à ces dernières. Cependant la modélisation géométrique de toutes les pièces nous à permet de les assemblés pour créer un système de changement de bobine.

Le système de changement de bobine est constitué de plusieurs pièces assemblé entre elle par des vis ou vis/écrou.

Nous avons modélisé les pièces de la manière suivante :

- Coté gauche : constitué de vingt-sept pièces.
- Coté droit : constitué de vingt-sept pièces.
- L'arbre de bobinage : constitué de cinq pièces assemblées.
- Un support ; c'est le support sur lequel toute les pièces des deux côtés se posent.

La modélisation géométrique des vérins est un assemblage, ils sont constitués principalement de plusieurs pièces, comme suit :

- Le petit vérin : il est constitué de sept pièces assemblées entre elles.
- Le vérin de pose : constitué de cinq pièces assemblées entre elles.
- Le vérin de poussé : constitué de cinq pièces assemblé entre elles.

III.2.1 Conception du système de changement de bobine de l'enrouleur

Après avoir conçu avec le logiciel SolidWorks les différentes pièces, nous avons procéder à l'assemblage de ces dernières, pièce par pièce. Cela nous a permis d'avoir le système de changement de bobine de l'enrouleur optimex illustré sur la figure III.1. Le vérin (1) permet la rotation du système de 90° vers l'intérieur d'enrouleur (pose d'arbre de bobinage) et le contraire, le vérin (2) permet de faire descendre le support porte arbre de bobinage vers le bas à travers la chaine (4) et le faire remonter une autre fois, enfin le vérin (3) permet de tenir en place l'arbre de bobinage (5) lors de sa prise et de le relâcher lors de sa pose.



Figure III.1 Système de changement de bobine de l'enrouleur optimex

III.2.2 Préparation de simulation avec le logiciel SolidWorks

Dans un premier temps, nous avons essayé la simulation sur tout le système de changement de bobine, ce qui est impossible, alors, nous avons opté à isoler une partie de ce dernier pour la simulation et l'analyse (Figure III.2). Parce que, vu le nombre important des pièces qui constituent le système de changement de bobine, la simulation avec est irréalisable. Ensuite nous avons approprié un acier allié, et créer un maillage le plus fin possible pour pouvoir simuler les différentes forces exercées sur le système isolé.



Figure III.2 Maillage du support porte arbre de bobinage et de son support

III.3 Simulation avec le logiciel SolidWorks

III.3.1 Simulation 1

Nous avons fixé le bâti du support porte arbre de bobinage, parce que, le système complet est fixé à d'autres pièces.

Nous avons remarqué une forte contrainte sur le support porte arbre de bobinage réel, alors nous avons supposés que le poids de l'arbre de bobinage peut être la cause principal de ça déformation plastique.

III.3.1.1 Calcul du poids totale de l'arbre de bobinage

La masse volumique d'un acier allié d'après le logiciel solidworks est de $7700 \text{ Kg}/\text{m}^3$, par contre le volume totale de l'arbre de bobinage à été relevé sur la fiche technique de l'arbre réel, qui est d'environ 0.001168831 m^3 .

Le calcul donc du poids totale de l'arbre de bobinage est :

$$m = \rho \times V = 7700 \times 0.001168831 \approx 9 \text{ Kg}$$

III.3.1.2 Calcule de la force exercée

L'arbre de bobinage exerce son poids sur les deux supports porte arbre de bobinage, cependant, pour pouvoir simuler avec le logiciel SolidWorks, nous avons calculé la force que l'arbre de bobinage peut exercé sur les deux supports, ensuite nous avons déduit la force exercé sur un seul support. Le calcul se fait de la manière suivante :

$F = m \times g = 9 \times 9.81 = 88.29 \text{ N}$ (c'est la force que l'arbre de bobinage peut exercé sur les deux supports portes arbre de bobinage).

$88.29 \div 2 = 44.145 \text{ N}$ (c'est la force que l'arbre de bobinage peut exercé sur un seul support porte arbre de bobinage)

La figure III.3 illustre les résultats de simulation 1.

Chapitre 3 : Simulations et résultats

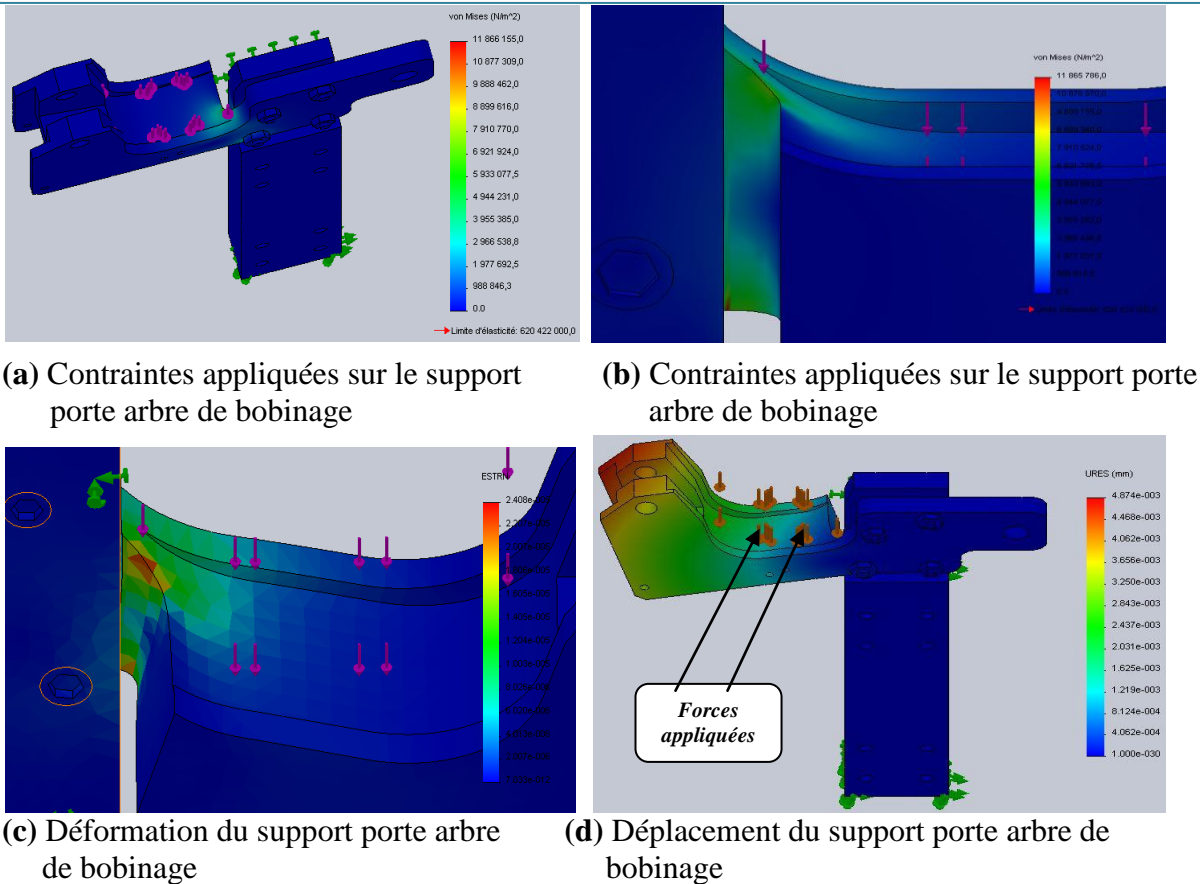


Figure III.3 Résultats de simulation 1 avec le logiciel SolidWorks

III.3.1.3 Analyse des résultats de la simulation 1

La déformation et le déplacement du support porte arbre de bobinage (Figure III.3) nous montrent une forte contrainte et une déformation identique à celles observés sur le support réel.

III.3.2 Simulation 2

Cette simulation a pour but de voir et de comparer les différentes contraintes résultantes de la force que le vérin de pose peut exercer sur le support porte arbre de bobinage réel, parce que nous avons remarqués un cisaillement des vis qui fixent le support porte arbre de bobinage, et cela a induit le déplacement de ce dernier de l'emplacement où il se fixe sur son support.

Pour pouvoir simuler nous avons donc fixé le support du support porte arbre de bobinage de la même façon qu'on l'a fixé dans la simulation 1 pour les mêmes raisons.

III.3.2.1 Calcul de la force du piston (vérin de pose)

Pour calculer la force du piston, nous allons appliquer la loi suivante :

$$F = P \times S \quad \text{Avec } S = \pi \times R^2$$

F : effort théorique du piston en Newton (N)

P : pression de travail (pascal)

S : surface du piston (m²)

R : diamètre du piston (m)

Nous avons relevé d'après le manomètre du vérin de pose une pression de travail de 4 bars, et cela a été pendant la poussée du piston du vérin. Par contre d'après la fiche technique du vérin de pose de marque *Rexroth*, le diamètre du piston est de 50 mm (0.05 m).

Donc la force théorique du piston est calculée comme suit :

$$F = 4 \times 10^5 \times \pi \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 = 785.3 \text{ N}$$

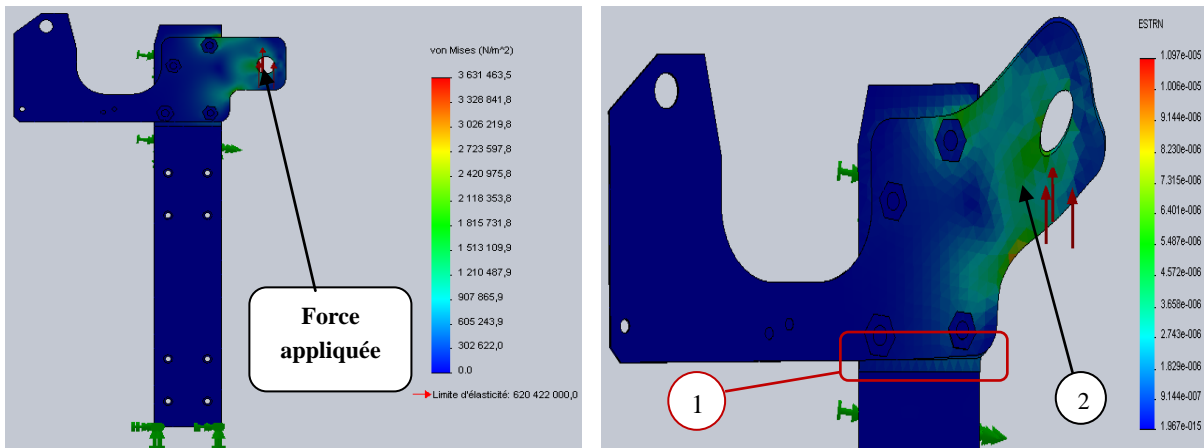
Pour calculer la force réelle du piston, nous devons tenir compte de la force de frottement qui est d'environ 10%.

$$F' = F - 0.1 \times F = 785.3 - 0.1 \times 785.3 = 706.77 \text{ N}$$

Nous avons alors appliqué une force de 706.77 N à l'endroit où la chape de la tige du vérin de pose se fixe avec le support porte arbre de bobinage.

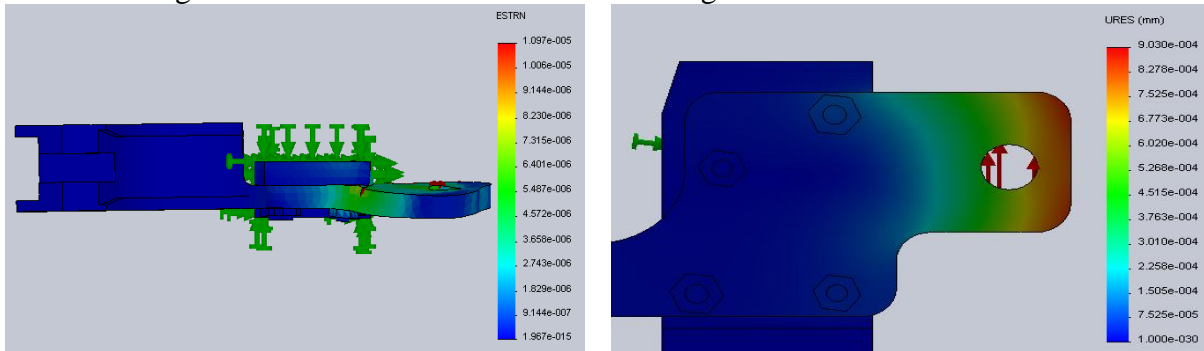
III.3.2.2 Résultats de simulation avec le logiciel SolidWorks

Les résultats de simulation sont illustrés dans la figure III.4.



(a) Contraintes du support porte arbre de bobinage

(b) Déformation du support porte arbre de bobinage



(c) Déformation du support porte arbre de bobinage

(d) Déplacement du support porte arbre de bobinage

Figure III.4 Résultats de simulation 2 avec le logiciel SolidWorks

III.3.2.3 Analyse des résultats de la simulation 2

La déformation (1) de la figure III.4.b obtenue nous montre le déplacement du support porte arbre de bobinage de son support (chose remarqué sur le deuxième support réel actuellement installé), par contre la déformation (2) elle n'est pas comparable au support réel, parce que le réglage de la distance avec laquelle la force est exercée n'est pas réalisable avec le logiciel solidworks. Néanmoins, la déformation nous montre une moyenne contraintes appliquées sur deux vis fixant le support porte arbre de bobinage, cela va entraîner avec le temps un déplacement linéaire des deux surfaces de contact coïncidentes (support porte arbre de bobinage avec son support réel). C'est-à-dire que les quatre vis fixant les deux supports ne vont pas résister à la force appliquée, cela va entraîner directement le cisaillement et l'enlèvement total du support porte arbre de bobinage de son support (chose remarquée sur le support porte arbre de bobinage réel actuellement installé).

III.3.3 Simulation 3

Nous avons appliqués les deux forces exercées sur le support porte arbre de bobinage de la même manière qu'elles sont exercées sur le support réel, pour voir les différentes contraintes et déformations résultantes.

Cependant nous avons fixé le bâti du support porte arbre de bobinage de la même manière que dans les deux simulations précédentes. Alors, nous avons appliqués une force de 44.145 N sur le support porte arbre de bobinage à l'endroit où se pose un coté de l'arbre de bobinage, et une force de 706.77 N à l'endroit où la chape de tige du vérin se fixe avec le support.

Les résultats de simulation sont illustrés dans la figure III.5.

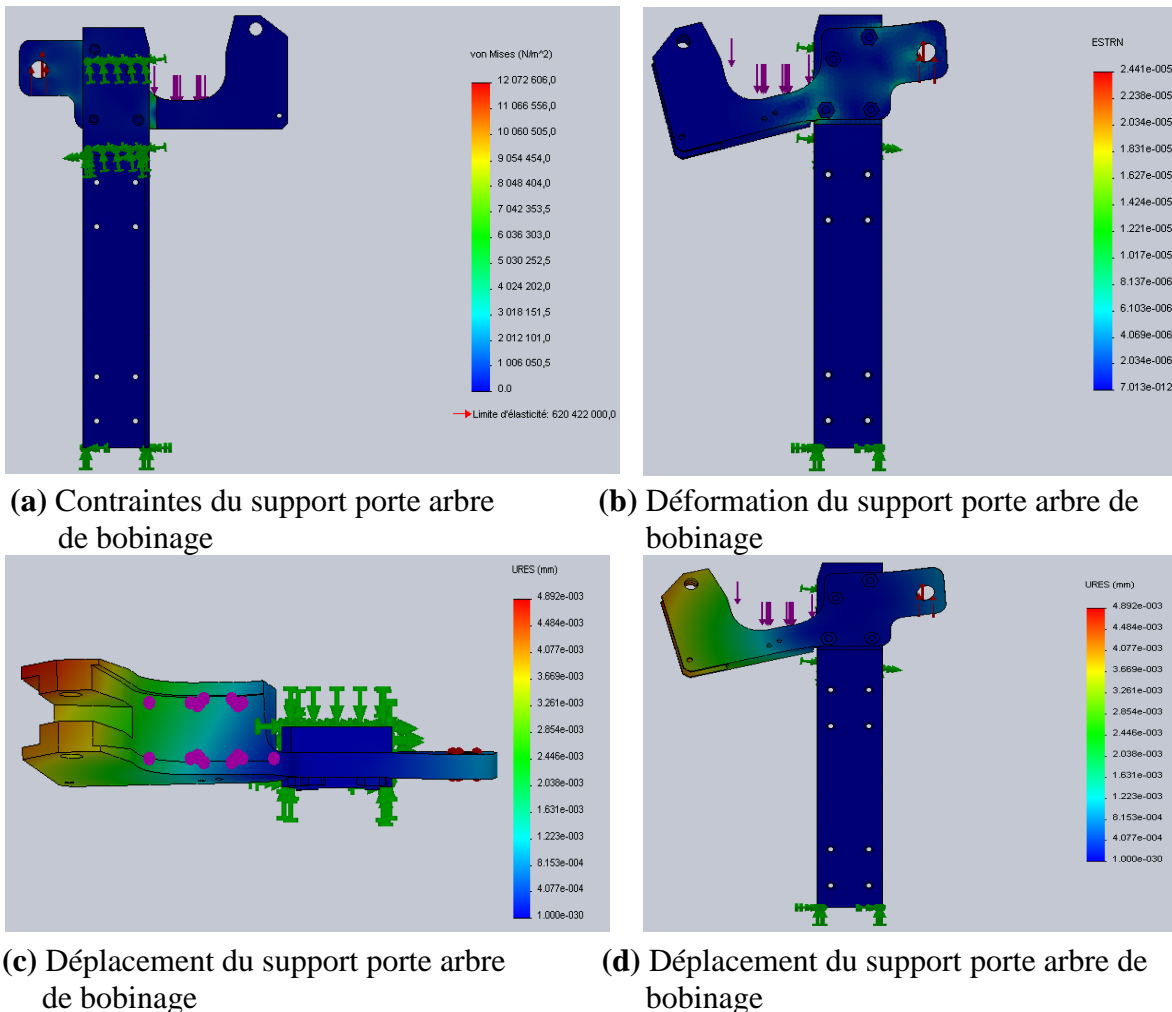


Figure III.5 Résultats de simulation 3 avec le logiciel SolidWorks

III.3.3.1 Analyse des résultats de la simulation 3

La déformation nous montre bien que le support porte arbre de bobinage se déforme de la même manière avec laquelle les deux supports réels sont déformés, cependant nous pouvons remarquer cela avec la déformation plastique du support porte arbre de bobinage actuellement installé et le cisaillement des trois vis des quatre vis qui tiennent ce dernier à son support. Avec le temps les

Chapitre 3 : Simulations et résultats

différentes contraintes appliquées sur le support porte arbre de bobinage vont entraîner le cisaillement des quatre vis qui tiennent ce dernier, et une déformation plus importante que celle observée, ce qui va causer l'arrêt totale de la fonction à laquelle le support porte arbre de bobinage réel est destiné.

III.4 Solutions envisagées

III.4.1 Modification du support porte arbre de bobinage

Nous avons essayé de reproduire la géométrie du support porte arbre de bobinage comme sur le schéma réel du plan d'origine (Figure III.6), mais cela nous a été impossible du fait que la manière avec laquelle se fixe le support n'est pas identique, c'est-à-dire que, le support réel est encastré à l'intérieur du bâti par contre, le support fissuré est fixé sur le côté du bâti. Alors, nous avons créé une nouvelle géométrie du support porte arbre de bobinage (Figure III.7), de telle sorte à ce qu'il n'y aura pas d'écart entre ce dernier et le support sur lequel il se fixe (1), alors nous avons ajouté de la matière entre les deux, cependant nous avons aussi ajouté de la matière pour le support porte arbre de bobinage de façon à ce qu'il appui directement sur son support (2).

La modification du support porte arbre de bobinage a pour but de remédier au problème de cisaillement des vis et à la déformation plastique du support porte arbre de bobinage réel.

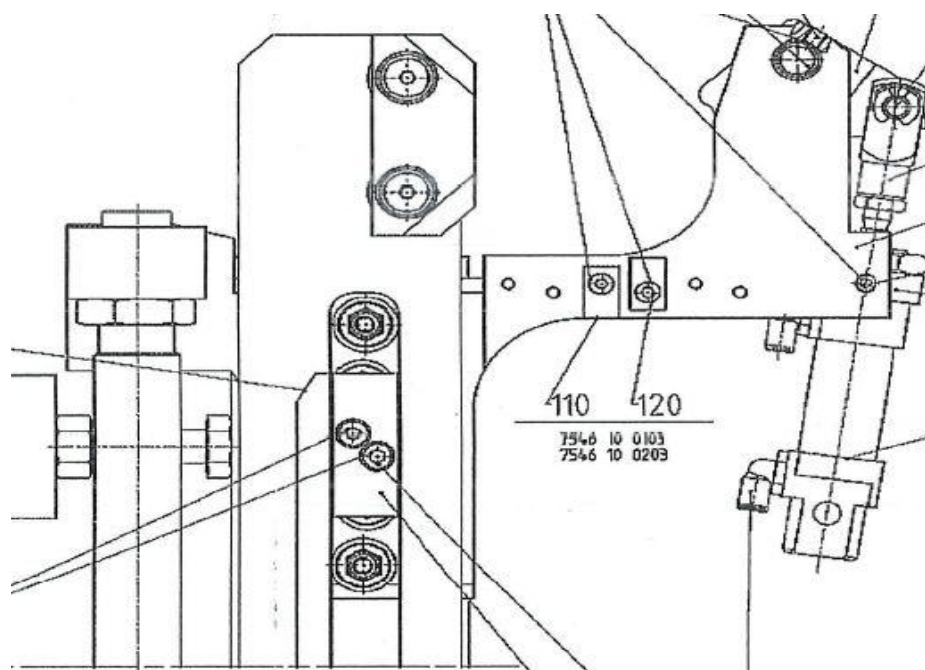


Figure III.6 Schéma de plan réel du support porte arbre de bobinage

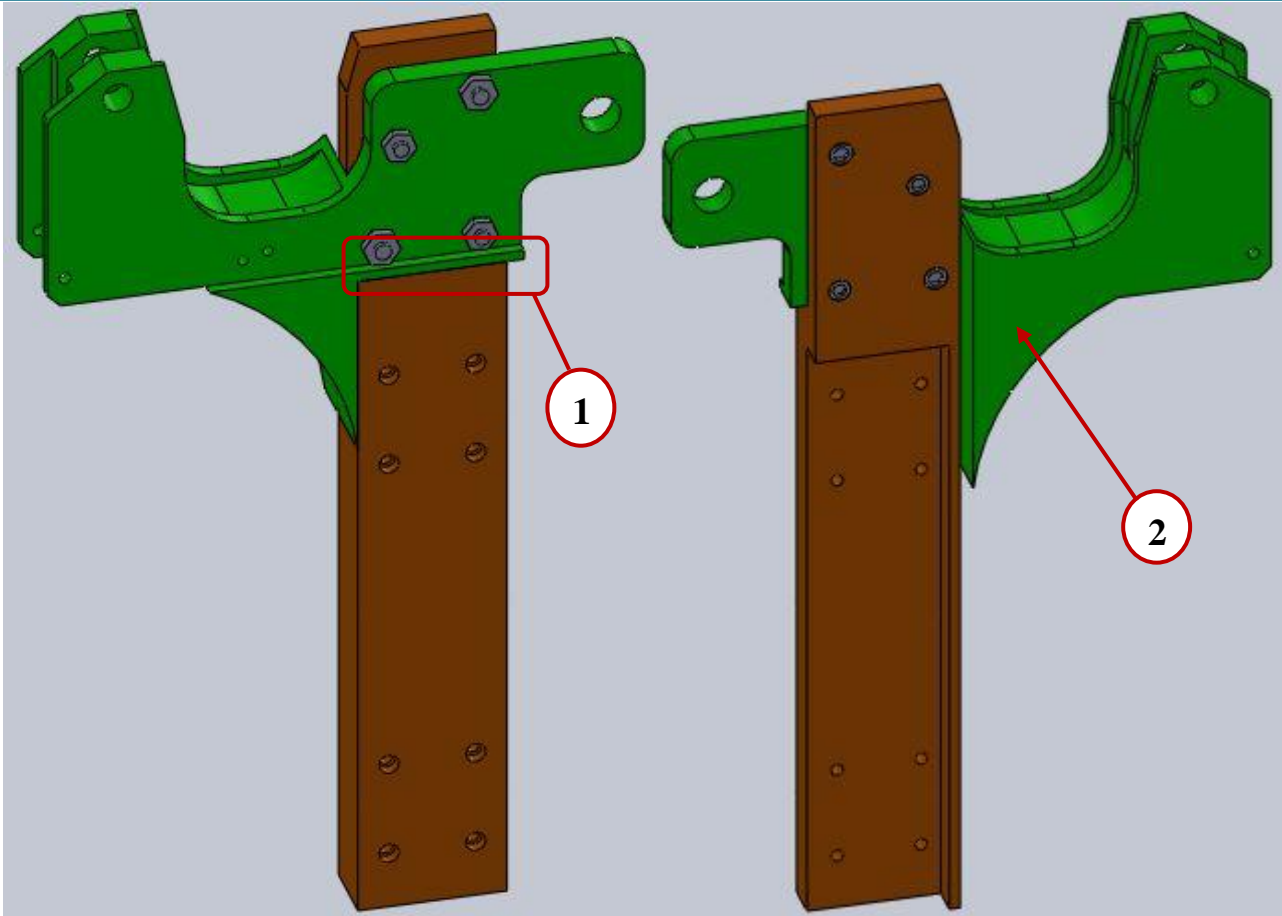


Figure III.7 Support porte arbre de bobinage modifié

III.4.1.1 Simulation et résultats de simulation avec le logiciel SolidWorks

Après modification de la géométrie du support porte arbre de bobinage, à ce qu'on puisse annuler la déformation engendrée par les différentes contraintes appliquées.

Nous avons refait la même procédure de simulation que dans la simulation 3 (Section III.3.3), nous avons appliqué une force de 44.145 N sur le support porte arbre de bobinage, et appliqué une force de 706.77 N (la force que le vérin de pose peut exercer sur le support porte arbre de bobinage précédemment calculé).

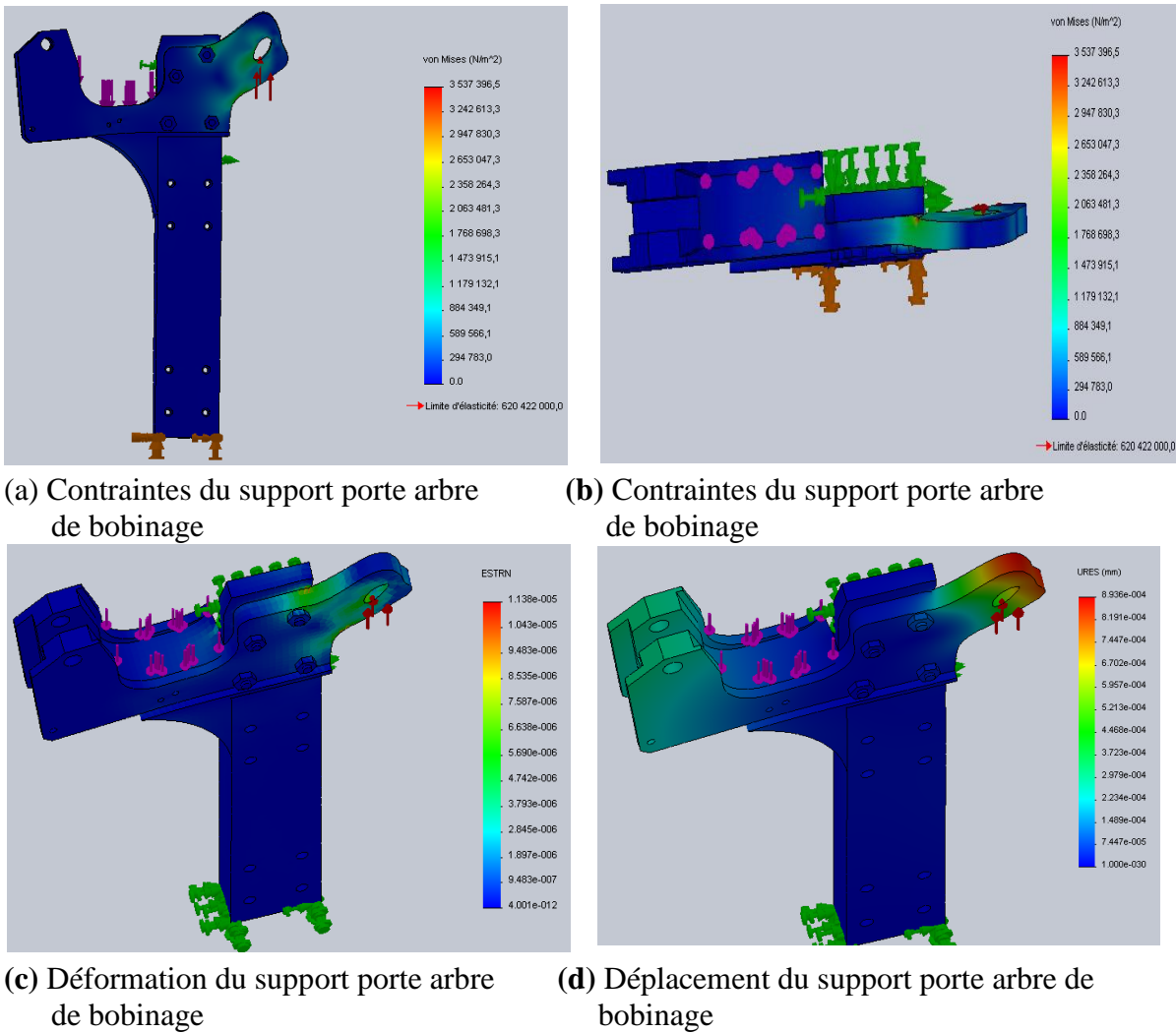


Figure III.8 Résultats de simulation 3 avec le logiciel SolidWorks

III.4.1.2 Analyse des résultats de simulation

Nous constatons d'après les contraintes, la déformation et le déplacement du support porte arbre de bobinage, que la force exercée (44.145N) n'entraîne aucune fissuration et que la déformation permanente est presque nulle. Par contre la force appliquée (706.77 N) nous donnent les mêmes résultats que dans la simulation 2, mais cela ne va pas entraîner le cisaillement d'aucuns des vis qui fixent le support porte arbre de bobinage, parce que ce dernier est bien posé sur son support qui le maintien.

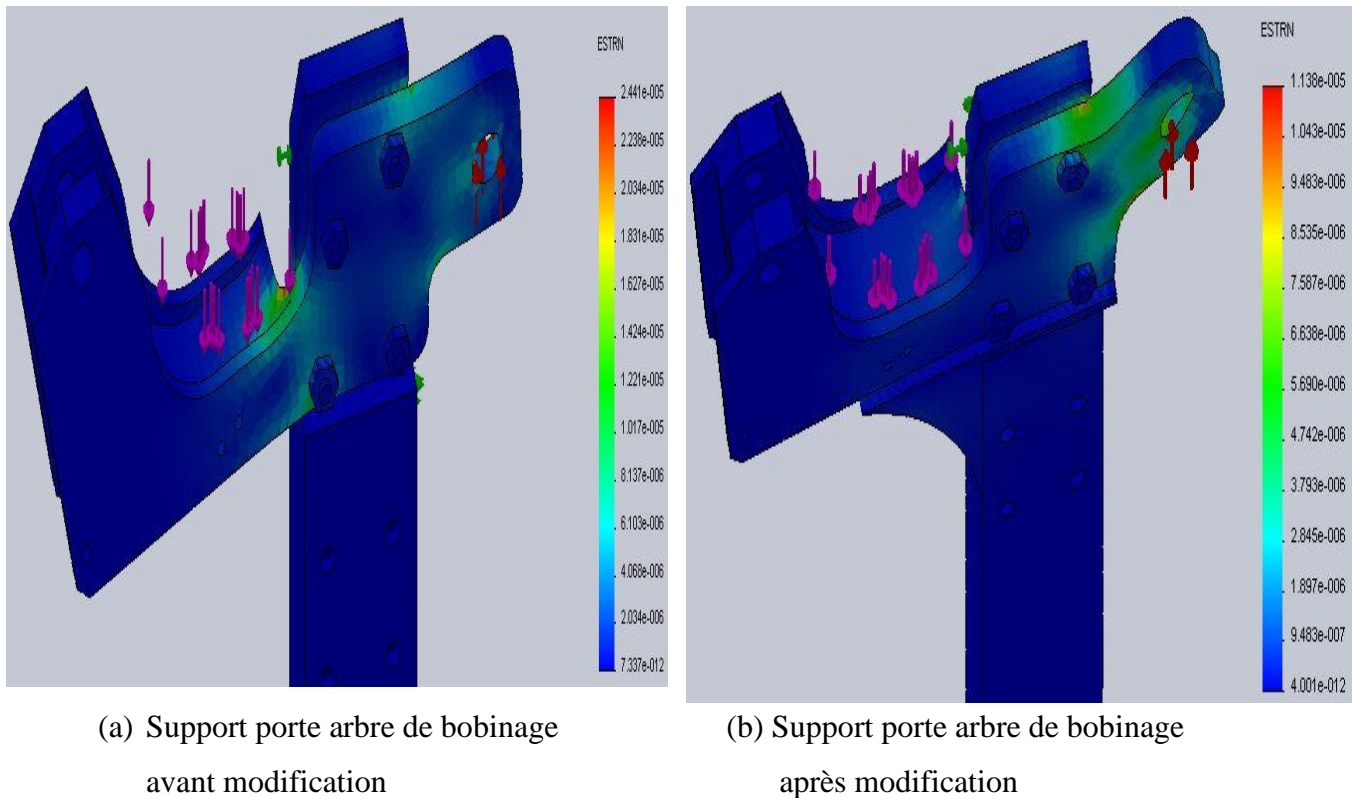


Figure III.9 Comparaison de déformation du support porte arbre de bobinage

III.4.2 Autres solutions

La solution envisagée a été satisfaisante, cependant, d'autres solutions sont envisagées :

- Diminuer la charge portée sur le support porte arbre de bobinage en optant pour un autre matériau, et cela peut bien être réalisé, en diminuant le poids total de la barre (arbre de bobinage) posé sur les deux supports. Remplacer l'arbre de bobinage par un autre plus léger, va diminuer la force qui va être exercé sur les deux supports porte arbre de bobinage, empêcher le cisaillement des vis et surtout la déformation plastique observées sur le support porte arbre de bobinage réel, par contre cela exige une étude technico-économique du fait qu'un matériau plus léger avec les mêmes caractéristiques physiques coûtera plus chère.

- Utiliser une colle de blocage vis-écrou avec une vérification périodique du serrage des vis. Cela va permettre de maintenir le support porte arbre de bobinage à son support, et l'empêcher à se déplacer de sa position initiale de fixation. La colle va empêcher le desserrage involontaire des assemblages, et surtout résiste aux fortes vibrations du fait que le support porte arbre de bobinage réel fissuré est du côté moteur, qui est une source de vibrations à laquelle nous devons installer un capteur de vibrations sur l'arbre du moteur, pour le surveiller de façon permanente.

Chapitre 3 : Simulations et résultats

- Vérifier l'alignement de toutes les pièces qui constituent le côté gauche de l'enrouleur. Cette vérification est primordiale, parce que, un mauvais alignement de quelconque des pièces ou des vérins qui constituent le côté gauche de l'enrouleur, va créer des forces qui peuvent entraîner des déformations des constituants de l'enrouleur.
- Vérifier la course des deux vérins de pose en la régulant. Cela va permettre de réduire la force que le vérin de pose peut exercer sur le support porte arbre de bobinage, ainsi que lorsque le vérin de pose se pose sur le cylindre déflecteur lors de la coupe du film, et aussi lorsqu'il amène l'arbre de bobinage sur le guide parallèle de bobinage.

III.5 Conclusion

Les résultats de simulation sont identiques à ceux observés sur le support porte arbre de bobinage réel. Cependant, le cisaillement des vis qui fixent le support à son bâti est dû principalement aux forces exercées par le vérin de pose. Par contre, la déformation plastique de ce dernier est due aux forces exercées par l'arbre de bobinage. Néanmoins, l'ensemble des forces exercées par l'arbre de bobinage et le vérin de pose causera le cisaillement des vis, ainsi que la déformation plastique du support.

La modification apportée sur le support porte arbre de bobinage a permis de réduire les contraintes appliquées sur ce dernier et les vis qui le fixe à son bâti. Cependant, le nouveau support reproduit est devenu plus résistant aux mécanismes de défaillance observés sur le support réel.

Enfin, les autres solutions qu'on a proposées peuvent bien remédier au problème, à savoir :

- Vérifier la course des deux vérins de pose en la régulant.
- Vérifier l'alignement de toutes les pièces qui constituent le côté gauche de l'enrouleur.
- Diminuer la charge portée sur le support porte arbre de bobinage en optant pour un autre matériau.
- Utiliser une colle de blocage vis-écrou avec une vérification périodique du serrage des vis.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le stage pratique réalisé au sein de l'entreprise MERIPLAST nous a donné l'occasion de découvrir et connaître certains processus industriels, et surtout à résoudre les problèmes industriels liés aux machines utilisées, et connaître les procédures technologiques à suivre.

Le travail que nous avons réalisé nous a permis d'élargir nos connaissances en termes d'utilisation du logiciel SolidWorks, que nous avons découvert en premier semestre au cours de cette année. Cela nous a aidés à perfectionner notre savoir dans le domaine mécanique, chose qui est importante pour un ingénieur en électromécanique.

L'utilisation du logiciel SolidWorks, nous a permis de créer tout le système de changement de bobine de l'enrouleur OPTIMEX en 3D (trois dimensions), ce qui nous a aidés à comprendre parfaitement son mode de fonctionnement. Les résultats obtenus de la simulation ont été très satisfaisants, du fait que la déformation obtenue était identique au support porte arbre de bobinage réel (le premier et le deuxième support actuellement installé), ce qui nous a permis de comprendre de manière directe comment ces derniers ont pu avoir une défaillance.

Nous avons réussi à élaborer un nouveau schéma du mécanisme de façon à ce que le support porte arbre de bobinage reproduit résiste aux contraintes auxquelles il est sollicité par le poids de l'arbre de bobinage et la force du vérin de pose. Néanmoins, les solutions suivantes sont envisageables :

- Vérifier la course des deux vérins de pose en la réglant.
- Vérifier l'alignement de toutes les pièces qui constituent le côté gauche de l'enrouleur.
- Diminuer la charge portée sur le support porte arbre de bobinage en optant pour un autre matériau.
- Utiliser une colle de blocage vis-écrou avec une vérification périodique du serrage des vis.

Enfin, les solutions envisagées vont permettre d'augmenter la durée de vie du support porte arbre de bobinage reproduit.

Bibliographie

- [1] Terrisse S, « Nachschalteneinrichtungen in der Extrusion eine terminologische Arbeit: Deutsch-Französisch », diplôme terrisse – hamburg : diplomaca GmbH, 2001 Zugl. : saarbrücken, universität, diplom, 2000.
- [2] Agassant J-F, Avenas P, Sergent J-F, Vergnes B, Vincent M, « Mise en forme des polymères. Approche thermomécanique de la plasturgie », 4e édition, Tec & Doc, Lavoisier, 2014.
- [3] AGASSANT J-F, Binetruy C, Krawczak P, Lacrampe M-F, Pinsolle F, Villoutreix G, Plasturgie : procédés d'extrusion. Maîtriser les principes de base et les applications des procédés d'extrusion », Techniques de l'ingénieur, 2019.
- [4] Melas.M, « Etat de l'art concernant les grands procédés de mise en œuvre des matières plastiques issues de processus de régénération de déchets. Efficacité économique des filières de recyclage des plastiques », rapport finale d'étude (RECORD, CEREMAP) 2003, 175 p, n°00-0905/1A.
- [5] Samir Eddine Choulak, « Modélisation et Commande d'un procédé d'Extrusion Réactive », Thèse Automatique/ Robotique, Université Claude Bernard - Lyon I, 2004.
- [6] Syndicat National des Extrudeurs de Profiles Plastiques, « Notion pratiques sur l'extrusion des thermoplastiques », Deuxième édition, 1993.
- [7] BIRON M, « Aide-mémoire. Transformation des matières plastique », L'usine Nouvelle, Dunod, Paris, 2010.
- [8] NIGEN S, « Technologie de l'extrusion. Appareillages. Procédés défauts d'extrusion », l'usine nouvelle, Dunod, Paris, 2006.
- [9] Windmüller & Hölscher KG, « Notice d'utilisation d'origine Installation d'extrusion soufflage, Optimex », Deutschland, 2013.
- [10] www.calemard.com « technologies d'enroulage », consulté en mois de mai 2019.
- [11] <https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/reliability/supporting-topics/basics/what-is-a-failure-mode>, consulté en mois de mai 2019.
- [12] Majot, cours pour l'ingénieur « fiabilité industrielle, MDD », université de technologie, compiègne france, 2019.

Bibliographie

- [13] François Monchy et Jean-Pierre vernier <<maintenance, méthodes et organisations>>, 3em édition, l'usine nouvelle, dunod, paris 2010.
- [14] Cours licence mécatronique, <<méthodes de maintenance, les défaillances>>, institut universitaire de technologie, troyes, France, 2019