

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

**MASTER**

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : FABRICATION MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE

PAR :

HAMADACHE ALI

MOULOUA DJAZIL

## Thème

---

**Etude des causes de défaillance du système de commande de  
fermeture du moule de la souffleuse SBO4 383**

---

Soutenu le .....2018 devant le jury composé de:

|     |            |
|-----|------------|
| Mr. | Président  |
| Mr. | Rapporteur |
| Mr. | Examineur  |

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017-2018

# *Remerciement*

*Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir permis d'atteindre et d'avoir réussi nos études, et de nous avoir donné la santé, la volonté et le courage pour achever ce travail.*

*Nous exprimons toute notre gratitude à notre promoteur,  
Professeur*

*HADJOU Madjid qui nous a encadrés avec patience, rigueur et compétence. Nous le remercions pour son inépuisable disponibilité, ces critiques, son soutien et encouragements.*

*Nous voudrions étendre cette gratitude à Monsieur Youcef khoudja A/MOUMENE pour son accueil et suivie au sein de l'entreprise Cevital.*

*Nous inscrivons aussi dans ces lignes notre reconnaissance envers tout nos enseignants(es) durant le parcours universitaire, sans oublier tout le personnel du Hall de technologie particulièrement « smail »*

*Nous remercions également notre président de jury ainsi que les examinateurs pour avoir accepté de juger et de valoriser notre travail.*

*Nous exprimons notre reconnaissance à notre famille de nous avoir accompagné et supporté durant ce travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicaces

*A la source de la tendresse et de l'amour ; à celle qui m'a offert une enfance très heureuse et celle qui a su être toujours à mes côtés dans la joie et la peine, ma mère, que Dieu te garde pour nous.*

*A mon cher père, qui a été toujours mon appui moral, et qui n'a jamais arrêté de m'encourager et de m'aider dans ma vie et surtout dans mes études,  
Que Dieu te garde pour nous  
« Mon père, ma mère merci pour tout »*

*A mes grands parents « zizi et nana »*

*A mes précieux frères « Saddek et Younes »*

*A ma chère sœur « Lina »*

*Et A ma précieuse futur fiancée « Silia »*

*A toutes mes cousins et cousines, mes tantes, mes oncles*

*A mon cher binôme Ali pour sa patience sa gentillesse et sa générosité tout le long de nos études, ainsi toute sa famille*

*A tous mes amis*

*A toute la promotion master2 fabrication mécanique et productique 2018, à qui je souhaite un bon parcours professionnel*

*A tout camarades de l'université qui j'ai côtoyé tout au long de mon cursus*

MOULOUA

DJAZIL

# Dédicaces

*A la source de la tendresse et de l'amour ; à celle qui m'a offert une enfance très heureuse et celle qui a su être toujours à mes côtés dans la joie et la peine, ma mère, que Dieu te garde pour nous.*

*A mon cher père, qui a été toujours mon appui moral, et qui n'a jamais arrêté de m'encourager et de m'aider dans ma vie et surtout dans mes études,  
Que Dieu te garde pour nous  
« Mon père, ma mère merci pour tout »*

*A mes grands parents « Khelifa et Fatima, Rabeh et Btitra »*

*A mes précieux frères « Ahmed et Anis »*

*A toutes mes cousins et cousines, mes tantes, mes oncles*

*A mon cher binôme Djazil pour sa patience sa gentillesse et sa générosité tout le long de nos études, ainsi toute sa famille*

*A tous mes amis*

*Sylia et a toute la promotion master2 fabrication mécanique et productique 2018, et a la classe GM5 2014 à qui je souhaite un bon parcours professionnel  
A tout camarades de l'université qui j'ai côtoyé tout au long de mon cursus*

HAMADACHE

Ali

# Sommaire

## Chapitre I: Présentation de l'entrepris

|  |   |
|--|---|
| Introduction général .....                                       | 1 |
| I.1 Introduction :.....  | 2 |
| I.2 Présentation générale de Cevital « Agro-industrie » :.....   | 2 |
| I.3 Organigramme du complexe Cevital : .....                     | 3 |
| I.4 Mission et objectifs : .....                                 | 4 |
| I.5 Situation géographique : .....                               | 4 |
| I.6 Présentation de l'unité de conditionnement d'huile :.....    | 4 |
| I.6.1 Différentes chaines de conditionnement d'huile :.....      | 5 |
| I.6.2 Organigramme de l'unité de conditionnement d'huile : ..... | 5 |
| I.6.3 Description de l'unité de conditionnement d'huile :.....   | 6 |

## Chapitre II : Présentation de la souffleuse SBO 4

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| II.1 Généralités :.....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.2 Rôle de la souffleuse SBO4 :.....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.3 Description du principe de fonctionnement d'une SBO (souffleuse bi orientation) :..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.4 Chaine cinématique : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.6 Les différents éléments de la souffleuse SBO 4 : .....                                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7 Le Rôle de différents éléments : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.1 Motorisation et transmission :.....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.2 L'alimentation : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.4 La table de transfert : .....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.5 La roue de soufflage : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.6 La sortie Bouteilles : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.7 Les tableaux de commande des circuits hydraulique et pneumatiques :..                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.8 Le poste de contrôle et de commande (P.C.C) : .....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.7.9 L'armoire électrique : .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.8 Principe de fonctionnement de la souffleuse SBO 4 : .....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| II.9 Fonctionnement des différents systèmes de la machine : ..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.1 Roue de soufflage : .....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.2 Unité porte moule : .....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.3 Commande ouverture / fermeture de moule : .....            | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.4 Verrouillage GUPM : .....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.5 Fond de moule : .....                                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.6 Tuyère de soufflage : .....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.7 Etirage : .....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.9.8 Vanne à voies : .....                                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.10 Circuits d'aire : .....                                     | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.11 Circuits d'eau : .....                                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.12 Unité de soufflage : .....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.13 Fonctionnement : .....                                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| II.13.1 Diagramme du cycle : .....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

## Chapitre III : Maintenance appliquée sur la souffleuse SBO 4, et analyse de l'historique des pannes

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| III.1 Introduction sur la maintenance industrielle : .....             | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2 Différentes politiques de maintenance : .....                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.1 La maintenance préventive : .....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.1.1 Types de maintenance préventive : .....                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.1.1.1 Maintenance préventive systématique : .....                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.1.1.2 Maintenance préventive conditionnelle : .....              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.2 La maintenance corrective : .....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.2.1 Les type de maintenance corrective : .....                   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.2.2.2 Les phases d'une intervention de maintenance corrective : .  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.3 Les modes de défaillance : .....                                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.3.1 Définition de la défaillance : .....                           | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.4 Classification des causes de défaillances : .....                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.5 Maintenance appliquée sur la souffleuse SBO4 : .....             | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.6 Analyse de l'historique des pannes de la souffleuse SBO4 : ..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| III.6.1 Graphe de PARETO : .....                                       | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

III.7

Conclusion : .....**Erreur !  
Signet non défini.**

## Chapitre IV : Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

IV.1 Diagnostic et expertise : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.2 Définition : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.3 Les démarches à suivre pour un diagnostic : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.4 Analyse technologique du système : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.5 La description de la came de commande (came escamotable) : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.5.1 Fonctionnement et rôle de la came escamotable : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6 Proposition de solution : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6.1 Caractéristiques des ressorts : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6.1.1 Les rondelles à ressorts type Belleville : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6.1.2 Les ressorts hélicoïdaux cylindriques de traction : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.7 Conclusion : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

# Liste des figures

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Figure I.1 Organigramme du complexe Cevital [1] .....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.1 Principe de fonctionnement d'une SBO [2] .....                                       | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.2 Chaîne cinématique de la souffleuse SBO4 [2].....                                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.3 La transformation d'une préforme en bouteille [2] .....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.4 Les différents éléments de la souffleuse SBO4 [2] .....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.5 Motorisation et Transmission [2] .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.6 Alimentation de la souffleuse SBO4 [2] .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.7 Four et tournette de la souffleuse SBO4 [2] .....                                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.8 la table de transfert de la souffleuse SBO4 [2].....                                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II. 9 la roue de soufflage de la souffleuse SBO4 [2].....                                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.10 sortie de bouteilles de la souffleuse SBO4 [2] .....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.11 Les tableaux de fluides de la souffleuse SBO4 [2].....                              | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.13 L'armoire électrique de la souffleuse SBO4 [2] .....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.12 Le poste de contrôle et de commande (p.c.c) de la souffleuse SBO4 [2]               | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.14 Principe de fonctionnement de la souffleuse SBO4 [2] .....                          | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.15 Unité porte moule de la souffleuse SBO4 [2] .....                                   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.16 commande ouverture fermeture de moule de la souffleuse SBO4 [2] ..                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.17 Verrouillage GUPM de la souffleuse SBO4 [2].....                                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.18 fond de moule de la souffleuse SBO4 [2] .....                                       | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.19 Tuyère de soufflage de la souffleuse SBO4 [2].....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.20 : Description de l'unité de soufflage [2] .....                                     | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II.21 Diagramme de cycle pour le fonctionnement de l'unité de soufflage [2] .....         | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
|  |                                    |
| Figure III.1 Classification des types de maintenance [3].....                                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure III.2 Les phases d'une opération de maintenance corrective .....                          | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure III.3 position de moule non verrouillé [2] Figure III.4 position de moule verrouillé [2]. | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure III.5 Graphe de demande d'intervention sur la machine SBO4. [8] ...                       | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure III.6 Graphe d'analyse de demande d'intervention mécanique sur la machine SBO4. [8] .     | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
|  |                                    |
| Figure IV.1 commande O/F du moule coupe A-A [2] .....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure IV.2 commande O/F du moule coupe B-B [2].....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure IV.3 commande O/F du moule coupe C-C [2].....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure IV.4 commande O/F du moule de la souffleuse SBO4 [2] .....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure IV.5 la came de commande de la souffleuse SBO 4 [2] .....                                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure IV.6 Rondelle à ressort type Belleville [12].....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |



Figure IV. 7 Courbe caractéristique des rondelles ressorts [11]..... **Erreur ! Signet non défini.**  
Figure IV.8 Ressort en parallèle sous charge F ..... **Erreur ! Signet non défini.**  
Figure IV.9 Ressort de traction type cylindrique hélicoïdal [9] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

## Liste des tableaux

Tableau I.1 Production maximale des six lignes du conditionnement  
[1].....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III.1 Exemples de modes de défaillance. [7] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III. 2 Exemples des causes de défaillance. [7] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III.3 quelques opérations et contrôles effectués annuellement sur le sous-ensemble de la roue  
de soufflage [5]..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III.4 Historique des pannes de la souffleuse SBO4 [8] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.1 Composants de la commande O/F du moule de la souffleuse SBO4 [2] .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.2 : Dimensions et charge admissible [NF.E.25.104] [11], [12].... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.3 Rapport des épaisseurs de rondelle. [11]..... **Erreur ! Signet non défini.**

## **Introduction général**

Le monde de l'industrie dispose de machines et d'installations de plus en plus performantes et complexes. Les exigences de haute sécurité, la réduction des coûts d'exploitation et la maîtrise de la disponibilité des équipements donnent à la maintenance des systèmes un rôle prépondérant. Elle doit permettre de n'intervenir qu'en présence d'éléments défectueux et de minimiser le temps de réparation malgré la complexité des équipements.

La maintenance est la référence pour laquelle on assure un entretien correct de la machine.

Avant d'effectuer une opération donnée de maintenance, il faut avoir repéré avec exactitude le ou les organes défaillants.

La maintenance industrielle a pour but d'assurer le bon fonctionnement des outils de production afin de satisfaire la demande en qualité et en quantité, tout en respectant les délais et les coûts.

Le travail qui nous a été confié est de faire une étude sur les causes de défaillance du système de commande de fermeture du moule de la machine souffleuse de bouteille en PET de cinq litres, dénommée SBO 4 (S : Souffleuse ; B : bi ; O : orientation ; 4 : à quatre moules), de l'unité de conditionnement d'huile à l'entreprise cevital. Le but de l'étude est de diagnostiquer les causes de défaillance de ce système qui causent des arrêts fréquents de production et proposer une solution pour éliminer ces causes.

Il nous a fallu donc, avant de réaliser ce travail, d'effectuer un stage pratique (de 45 jours) au sein de l'unité de conditionnement d'huile raffinée du complexe CEVITAL en vue d'explorer la machine, son historique, ainsi que les conditions dans lesquelles elle fonctionne.

Notre travail est réparti en quatre chapitres suivis d'une conclusion générale. Le premier chapitre est dédié à la présentation du complexe CEVITAL d'une manière générale et l'unité de conditionnement d'huile.

Le deuxième chapitre, sera consacré à une description générale de la machine concernée par l'étude ainsi que le principe de fonctionnement de chacun de ces organes.

Dans le troisième chapitre, on abordera les notions de maintenance, on citera aussi les différents types de défaillances et l'analyse de l'historique des pannes.

Le dernier chapitre, sera consacré à un diagnostic mécanique qui nous permettra de déterminer et d'analyser les différentes causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule. Et présentation de la solution proposée pour éliminer les causes de défaillance du système étudié.

**I.1 Introduction :**

Pour faire connaître l'entreprise CEVITAL Agro-industrie nous allons évoquer tout d'abord, l'historique de cevital, sa situation géographique et ses différentes structures.

En suite, la présentation de conditionnement d'huile CEVITAL (2000 tonnes/jour) et celui de la fabrication de bouteilles d'huile. En fin, la description de la souffleuse SBO4 qui constitue le cadre de notre application.

**I.2 Présentation générale de Cevital « Agro-industrie » :**

Créée en 1998 par des fonds privés, Cevital Agro-industrie est le leader du secteur agroalimentaire en Algérie, il représente une grande force industrielle et économique africaine, elle est parmi l'entreprise Algérienne qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie du marché. Elle est une société par action (spa), d'un montant de 250 000 000 DA.

Son complexe de production est situé au niveau du port de Bejaia et s'étend sur une surface totale de **131758 m<sup>2</sup>** dont la superficie des unités de conditionnement est de **78386.19 m<sup>2</sup>**. Grace à cet emplacement stratégique, le complexe occupe une place importante dans l'économie locale et nationale.

Ses produits se vendent aujourd'hui dans plusieurs pays, notamment en Europe, au Maghreb, au moyen Orient et en Afrique de l'Ouest. Aujourd'hui, Cevital Agro-industrie est le plus grand complexe privé en Algérie. Ces outils de production ultra performants se répartissent comme suit:

La raffinerie d'huile, avec une capacité de production de **1800tonnes/jour** ;

La margarinerie graisses végétales, avec une production de **1600 tonnes/jour** ;

Trois raffineries du sucre, avec une capacité de production de **5000 tonnes/jour** ;

Et une unité de production de sucre liquide, avec une capacité de production de **6000tonnes/jour**.<sup>[1]</sup>

I.3 Organigramme du complexe Cevital :

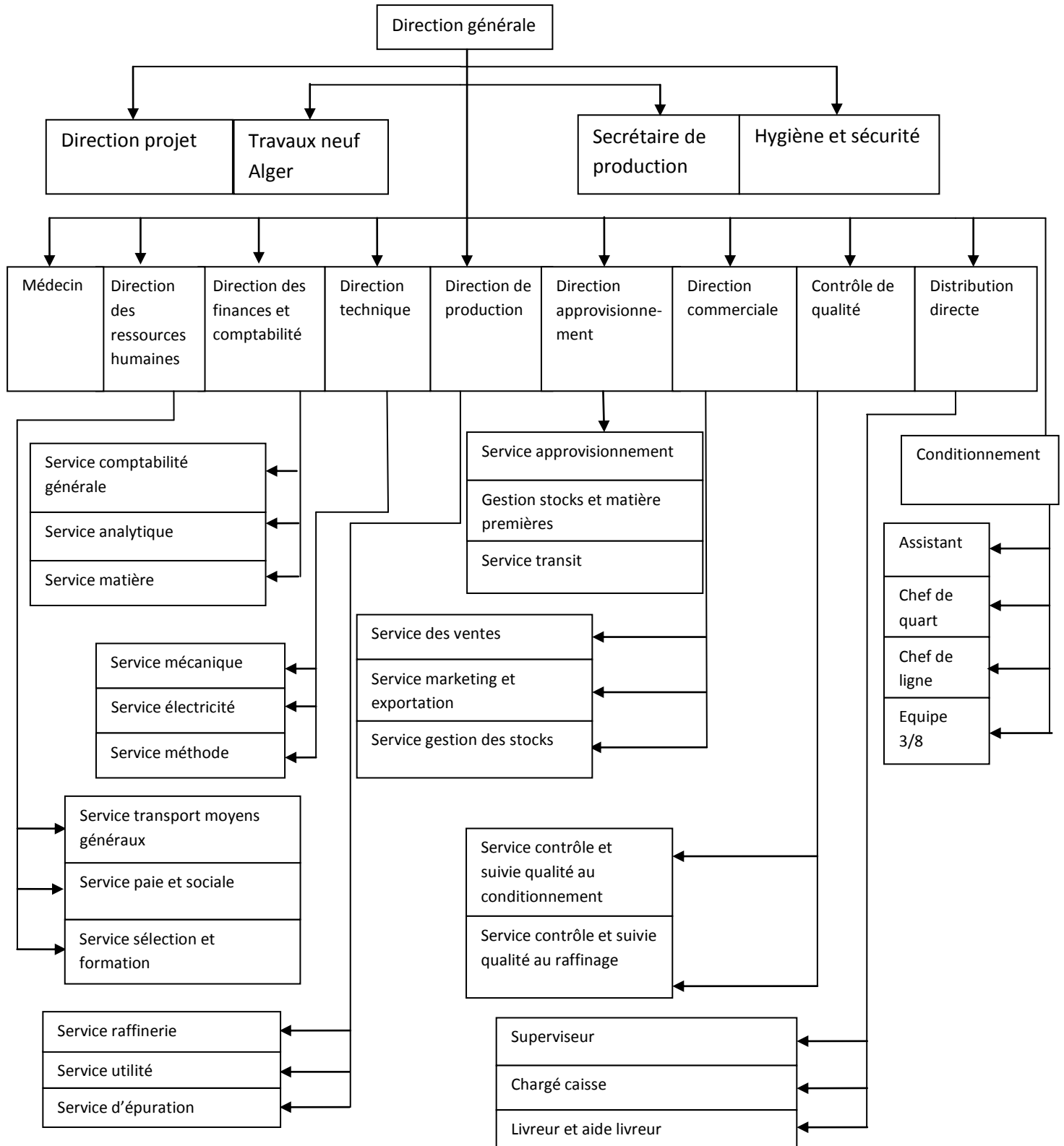


Figure I.1 Organigramme du complexe Cevital [1]

**I.4 Mission et objectifs :**

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par Cevital peuvent se présenter comme suit :

L'extension de ses produits sur tout le territoire national.

L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes.

L'optimisation de ses offres d'emplois sur le marché du travail.

L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses.

La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production.

Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

**I.5 Situation géographique :**

Cevital est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et l'aéroport, et il s'étend sur une superficie de 14 hectares.

**I.6 Présentation de l'unité de conditionnement d'huile :**

L'unité de conditionnement d'huile de CEVITAL est constituée actuellement de six lignes de production, deux lignes pour la production des bouteilles de 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 4 Boxé, une ligne pour la production des bouteilles de 1 litre, une ligne pour la production de bouteilles de 2 litres et une pour la production de bouteilles de 1.8 litres.

**I.6.1 Différentes chaînes de conditionnement d'huile :**

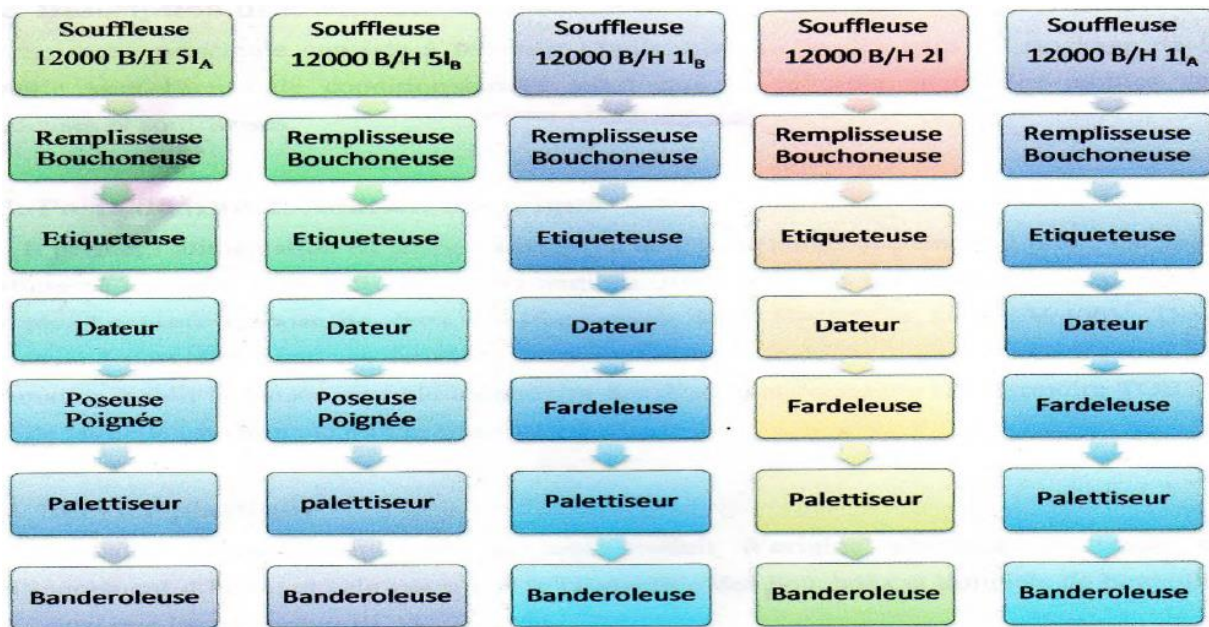


Figure I.2 les unités de production de l'huile [1]

**I.6.2 Organigramme de l'unité de conditionnement d'huile :**

La direction de conditionnement d'huile est constituée de plusieurs services qui sont représentés dans l'organigramme suivant :

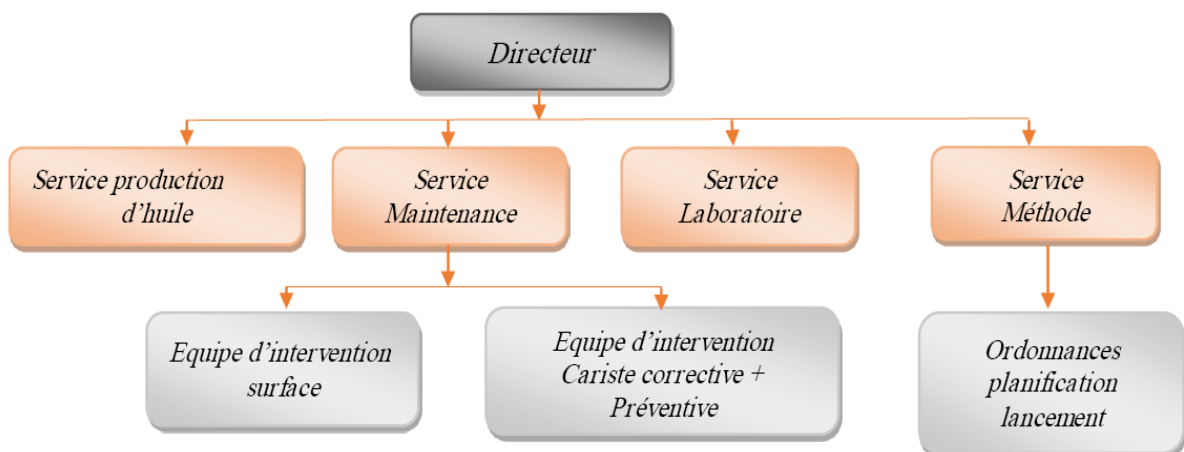


Figure I.3 organigramme de l'unité de conditionnement d'huile [1]

### I.6.3 Description de l'unité de conditionnement d'huile :

La description de l'unité de conditionnement d'huile a pour but de comprendre le parcours de la bouteille, de la préforme jusqu'à la banderoleuse en passant par la remplisseuse.

- Processus technologique du conditionnement d'huile est le suivant :

La mise en bouteilles sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue par la transformation du PET (polyéthylène téréphtalate) en préforme, puis en bouteilles. Les préformes passent par les étapes suivantes :

- **La souffleuse** : qui est une machine destinée à fabriquer des bouteilles à partir des préformes qui ont une structure de tube, cette dernière est fabriquées dans l'unité plastique.

- **Convoyeur aéraulique rafale** : c'est un dispositif destiné au transport des préformes en PET de la souffleuse jusqu'à la remplisseuse. Le transport est assuré par un soufflage d'air produit par les colonnes de ventilation équipées de filtres garantissant un air propre.

- **Remplisseuse** : la remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini (huile) dont la vitesse de remplissage peut être variée.

- **Bouchonneuse** : la bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des bouteilles juste à la fin du remplissage pour éviter le débordement, les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité.

- **Etiqueteuse** : elle est destinée à coller les étiquettes enveloppement sur les récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabricant.

- **Dateur** : le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit

- **Fardeleuse** : c'est la machine qui reçoit les bouteilles et les enveloppe dans un film en silicone.

- **Tapis roulant** : c'est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeleuse jusqu'à l'entrée du palettiseur.

- **Poseuse poignée** : on trouve ce type de machine uniquement dans les lignes de 4 ou 5 litres. Elle a pour rôle le placement et la fixation des poignées sur les bouteilles.

- **Palettiseur** : cette machine est conçue pour superposer sur une palette plusieurs étages de fardeaux.

- **Banderoleuse** : son rôle est d'entourer la palette d'un film en silicone dans le but d'assurer la bonne tenue des bouteilles lors des déplacements.

La capacité maximale de production de chaque ligne de conditionnement d'huile est répartie comme suit :

Tableau I.1 Production maximale des six lignes du conditionnement [1]

| N° | La ligne | La production/heure |
|----|----------|---------------------|
| 1  | 1L       | 12000               |
| 2  | 1,8L     | 12000               |
| 3  | 2L       | 1100                |
| 4  | 5L A     | 5000                |
| 5  | 5L B     | 9000                |
| 6  | 4L BOXEE | 3000                |



### **II.1 Généralités :**

Le moulage par soufflage est un procédé de mise en forme par moulage de matériaux polymères thermoplastiques, qui est utilisé pour fabriquer en discontinu des corps creux, tels que les bouteilles et les flacons, par le procédé général qui commence par le réchauffage des préformes suivi d'un étirage axial mécanique, suivi d'un étirage radial par soufflage d'air comprimé. [2]

Ce procédé permet l'optimisation de la production, ainsi qu'une grande souplesse de fonctionnement et d'utilisation.

### **II.2 Rôle de la souffleuse SBO4 :**

La machine SBO (souffleuse bi orientation) est destinée au soufflage haute pression d'articles en PET (polyéthylène téréphtalate).

La production est assurée à partir de préformes proportionnées en fonction de l'article final.

La machine est conçue pour s'intégrer en amont d'une chaîne de remplissage ou fonctionner seule selon les activités de son exploitant [2]

### **II.3 Description du principe de fonctionnement d'une SBO (souffleuse bi orientation) :**

Les préformes réchauffées sont saisies par un col à l'aide d'une pince puis positionnées dans le moule. Le moule portefeuille, installé sur un carrousel s'ouvre et se ferme à l'aide de bras actionnés par une came. Ce moule est placé dans une unité porte moule enveloppante à verrouillage intégré. Cette configuration permet un changement rapide des moules.

Le nez de soufflage est introduit dans le col de la préforme et permet le guidage de la tige d'élongation qui assure l'orientation axiale. La mise en forme de la bouteille s'effectue en 2 étapes :

- Première opération : c'est l'étirage par une canne dans l'axe de l'objet par un piston et un soufflage (environ 7 bars), pour éviter l'adhérence de la préforme sur la canne, Les molécules s'orientent dans l'axe de l'objet.

- Seconde opération : c'est l'étirage radial par soufflage (pression  $30 < P < 40$  bars). Le nez de soufflage est muni d'un dispositif qui assure l'étanchéité et évite les déformations au niveau du col quelle que soit la pression de soufflage. Le moule est refroidi par une circulation interne d'eau réfrigérée.

La bouteille est ensuite transférée par un arbre de transfert muni d'une pince sur le convoyeur de sortie [2]

- Le principe général de fonctionnement d'une SBO est le suivant :

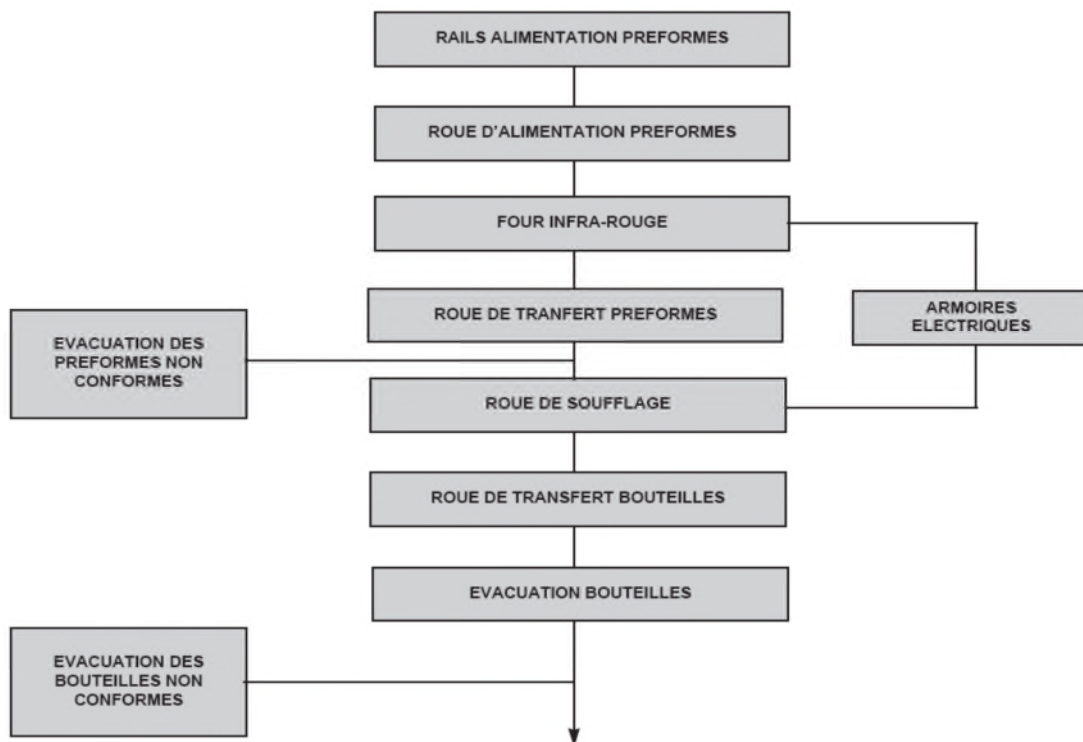


Figure II.1 Principe de fonctionnement d'une SBO [2]

#### II.4 Chaîne cinématique :

Description :

Sur le schéma de la chaîne cinématique (fig.4), on reconnaît les ensembles suivants :

- Le motoréducteur d'entraînement.
- La couronne de la roue de soufflage.
- La roue à encoches d'alimentation du four infrarouge (30 encoches).
- La roue de transfert des préformes à 3 bras.
- La roue de transfert des bouteilles à 3 bras.
- La roue de sortie bouteilles à 6 encoches.

L'arbre de sortie du motoréducteur est équipé d'un pignon de 38 dents. Il assure la transmission de puissance à la couronne de 120 dents de la roue de soufflage par l'intermédiaire d'un pignon fou de 38 dents.

Depuis la couronne de la roue de soufflage, le mouvement est transmis par l'intermédiaire de pignons à :

- \* La roue de transfert des préformes.
- \* La roue de transfert des bouteilles.

De la roue de transfert des préformes, le mouvement est transmis à l'arbre d'entraînement du four infrarouge par l'intermédiaire d'une transmission à poulies et courroie crantée.

La mise en rotation du four infrarouge est assurée par un module épicycloïdal. Celui-ci inverse le sens de rotation et démultiplie le mouvement dans un rapport exact de 6.

De la roue de transfert des bouteilles, le mouvement est transmis au dispositif de sortie des bouteilles par l'intermédiaire d'une transmission à poulies et courroie crantée et d'un jeu d'engrenages qui inverse le sens de rotation.



II.5 Système de fonctionnement de la SBO 4 :

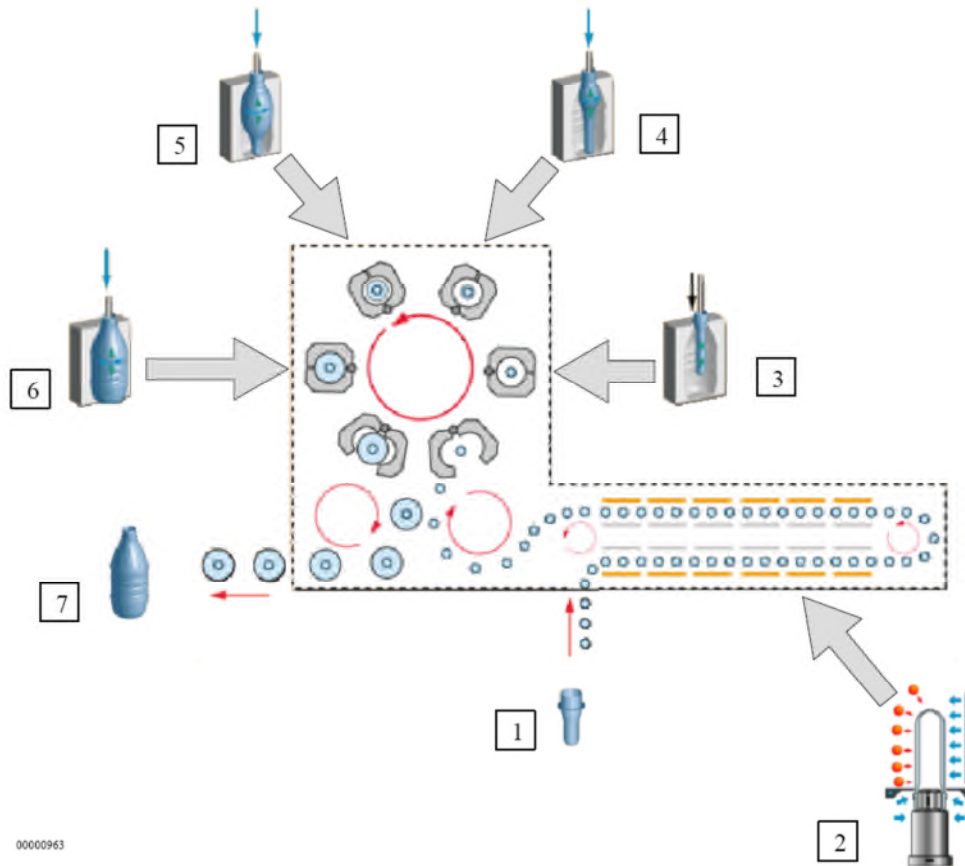


Figure II.3 La transformation d'une préforme en bouteille [2]

|   |                                  |   |                  |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Alimentation préformes           | 5 | Fin présoufflage |
| 2 | Chauffe préformes                | 6 | Soufflage        |
| 3 | Début étirage mécanique          | 7 | Sortie articles  |
| 4 | Fin étirage / début présoufflage |   |                  |

II.6 Les différents éléments de la souffleuse SBO 4 :

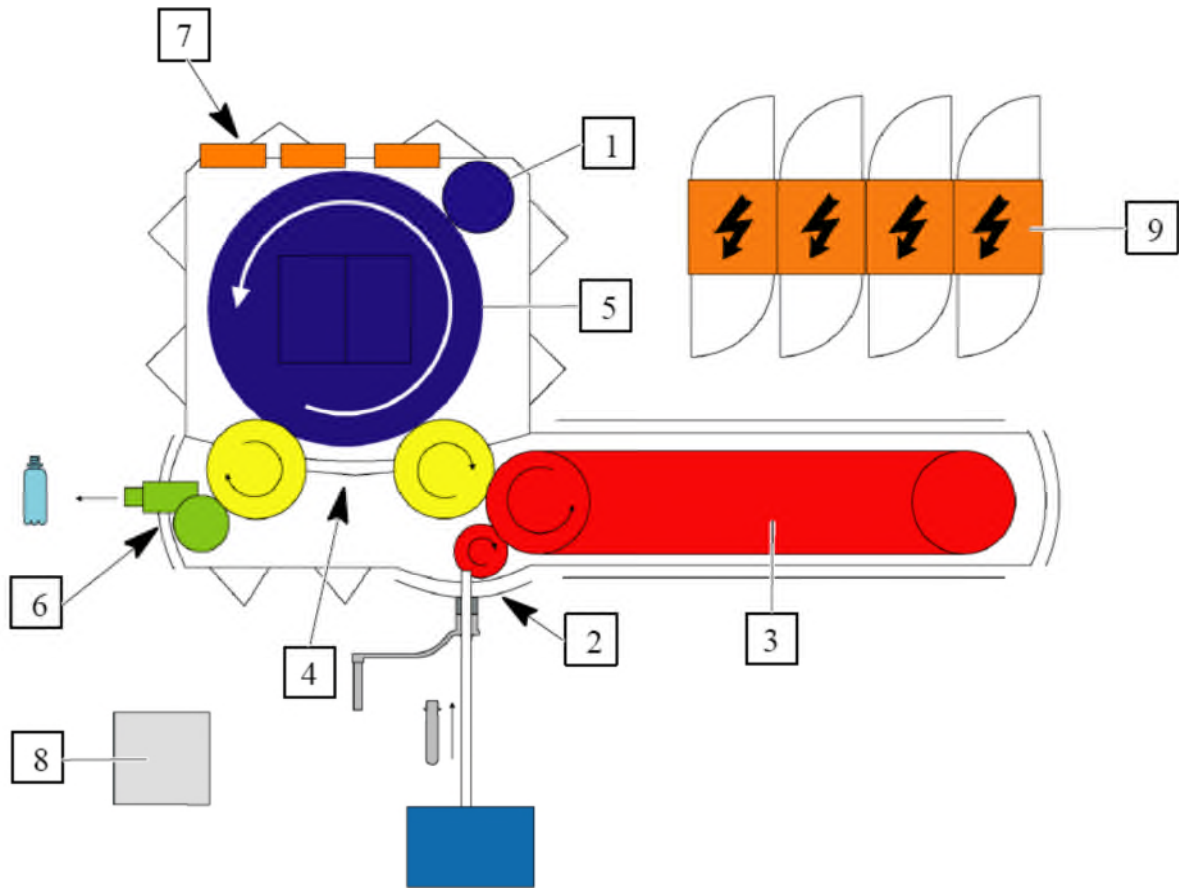


Figure II.4 Les différents éléments de la souffleuse SBO4 [2]

|   |                    |   |                                   |
|---|--------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Motorisation       | 6 | Sortie bouteilles                 |
| 2 | Alimentation       | 7 | Commande des systèmes hydraulique |
| 3 | Four               | 8 | Poste de contrôle et de commande  |
| 4 | Table de transfert | 9 | Armoire électrique                |
| 5 | Roue de soufflage  |   |                                   |

## II.7 Le Rôle de différents éléments :

### II.7.1 Motorisation et transmission :

La motorisation est assurée par le motoréducteur (1), permet l'entraînement des différentes poulies et courroies de la transmission machine.



Figure II.5 Motorisation et Transmission [2]

### II.7.2 L'alimentation :

L'alimentation des préformes dans la machine est assurée par le rail (2) et le plateau d'alimentation (3) :

- Le rail dirige les préformes par gravité sur le plateau d'alimentation.
- Le plateau d'alimentation assure le transfert des préformes vers le four.

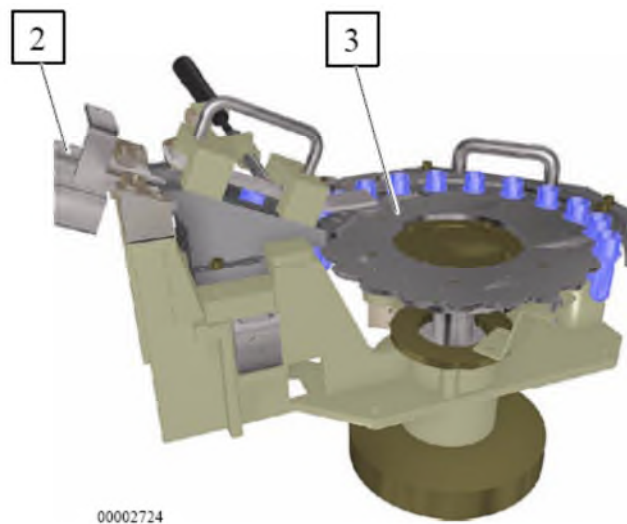


Figure II.6 Alimentation de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.3 Le four :

Le four (4), équipé de lampes infrarouges, assure la chauffe du corps des préformes (entre 80°C et 120°C).

Les préformes, maintenues par des tournettes (5), sont animées d'un mouvement de rotation pendant leur passage devant les lampes I.R. Cette rotation garantit une répartition optimale de la température du corps de la préforme.

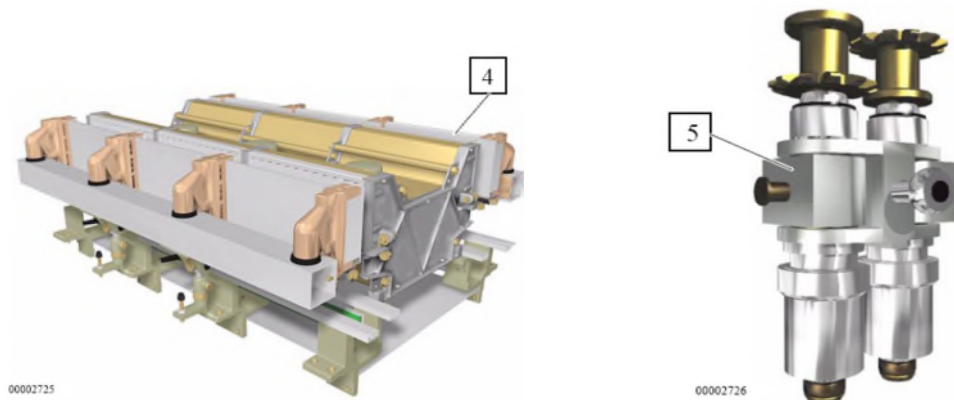


Figure II.7 Four et tournette de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.4 La table de transfert :

Equipée de deux roues (2, 3), elle assure le transfert des préformes chaudes vers la roue de soufflage (roue 2) et le transfert des articles soufflés vers la sortie machine (roue 3). Les roues (2, 3) sont équipées de bras (4) qui saisissent les préformes et les articles soufflés aux différents points de rencontre.

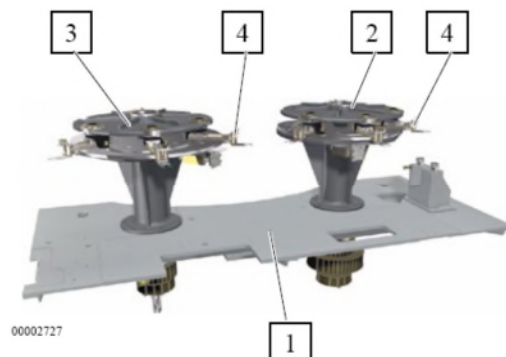


Figure II.8 la table de transfert de la souffleuse SBO4 [2]



### II.7.5 La roue de soufflage :

Equipée de plusieurs postes de soufflage (2), elle assure la transformation de la préforme chaude en article souhaité.

Cette transformation est obtenue par bi-orientation : Etirage mécanique par la tige d'élongation (3) et soufflage par air (40 bar) de la préforme dans un moule (4) parfaitement verrouillé.

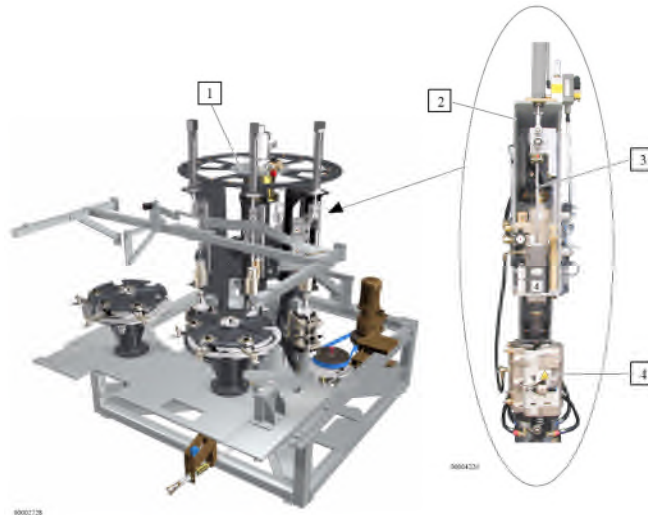


Figure II. 9 la roue de soufflage de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.6 La sortie Bouteilles :

Dès sa transformation (soufflage) accomplie, l'article fini est transféré vers la sortie. Les roues à encoches (1) entraînent les articles finis sur les guides de sortie (2).

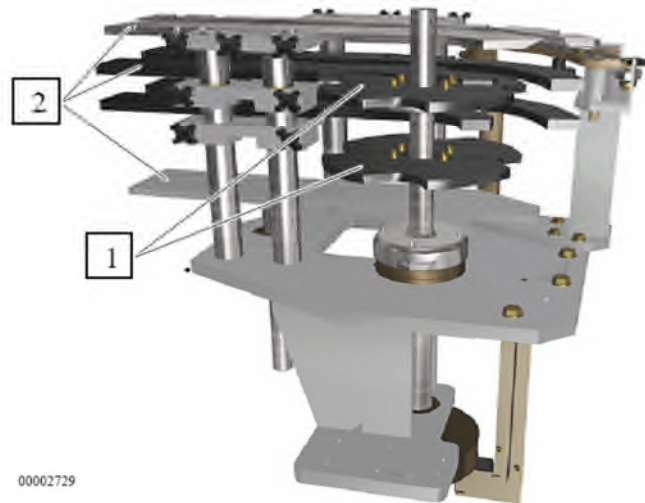


Figure II.10 sortie de bouteilles de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.7 Les tableaux de commande des circuits hydraulique et pneumatiques :

Tableau pneumatique 7 bars : circuit de vérinage.

Tableau pneumatique 40 bars : circuit de soufflage.

Tableau hydraulique : circuits de refroidissement et/ou de réchauffage des moules et de refroidissement du four.



Figure II.11 Les tableaux de fluides de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.8 Le poste de contrôle et de commande

(P.C.C) :

Le pupitre de la machine de soufflage est constitué d'un poste de contrôle et de commande (1) à écran tactile et d'une imprimante (2).

Le pupitre sert à entrer les données de fonctionnement, les ordres opératoires et à visualiser la gestion de la machine.

Il enregistre les différents profils de fabrication, transmet les alarmes à l'opérateur, gère le traitement des bouteilles, les incidents de traitement et l'historique de fonctionnement.



Figure II.12 Le poste de contrôle et de commande (p.c.c) de la souffleuse SBO4 [2]

### II.7.9 L'armoire électrique :

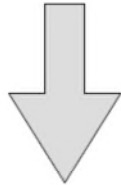
Contient les différents éléments de contrôle. Des automates associés au P.C.C. et au système de fonctionnement de la machine de soufflage gèrent les différents éléments du système.



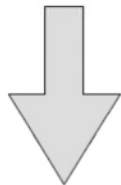
Figure II.13 L'armoire électrique de la souffleuse SBO4 [2]

**II.8 Principe de fonctionnement de la souffreuse SBO 4 :**

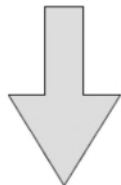
Alimentation des préformes



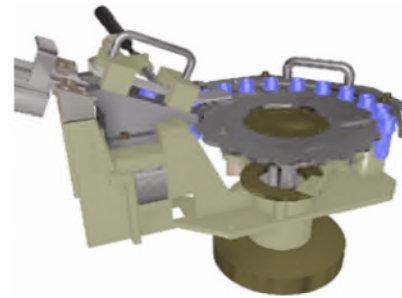
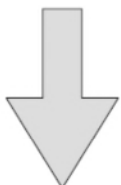
Vêtissage des préformes



Chauffe des préformes



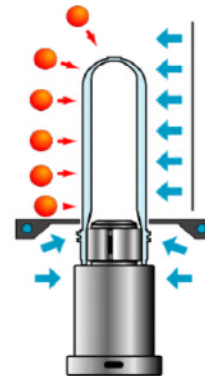
Dévêtissage des préformes



00002724



00002732



00000789



00002732

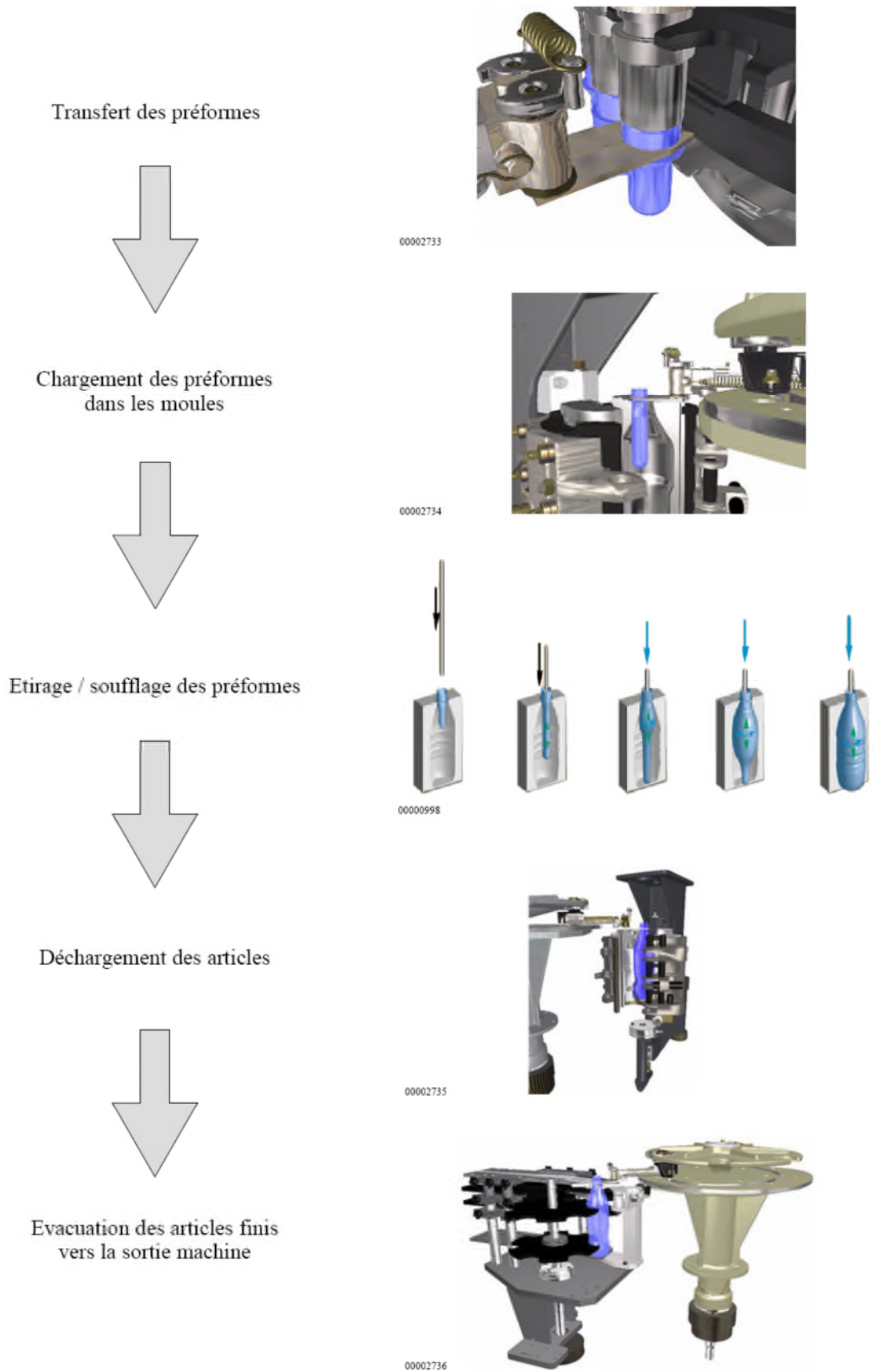


Figure II.14 Principe de fonctionnement de la souffreuse SBO4 [2]

## **II.9 Fonctionnement des différents systèmes de la machine :**

### **II.9.1 Roue de soufflage :**

La couronne d'orientation montée à la base de la roue mobile, assure le guidage et l'entraînement.

La roue de soufflage comprend :

- 4 Unités de soufflage-étirage situées à la périphérie de la roue.

Chacune des 4 unités de soufflage comprend :

\* Une unité porte moule.

\* Une tuyère de soufflage.

\* Une vanne 3 voies.

\* Un ensemble d'étirage.

- La partie centrale d'arrivée d'air.

- La partie centrale d'arrivée d'eau.

- La roue fixe porte cames.

- Une table des transferts.

### **II.9.2 Unité porte moule :**

Le moule s'ouvre et se ferme en synchronisme avec les transferts des préformes et des bouteilles.

L'unité porte moule est articulée sur une charnière côté intérieure de la roue. Le guidage est assuré par des douilles à aiguilles. L'ensemble de l'unité porte moule est montée sur une console, fixée sur la roue mobile.

L'ouverture et la fermeture des moules sont obtenues à partir d'un galet en prise dans une came.

Le mouvement se transmet de la façon suivante :

- Du galet monté sur une bielle à un axe.

- De l'axe à une bielle par l'intermédiaire d'un carré de manœuvre au travers de la console porte moule.

- De cette bielle à deux autres bielles fixées au dos des équerres, afin que le moule s'ouvre symétriquement.

Toutes les pièces participant à la commande d'ouverture/fermeture des moules sont montés sur roulement à billes ou à aiguilles. Ceux-ci sont protégés au montage de l'oxydation due à la condensation des moules par la graisse et une rondelle d'étanchéité en matière plastique.

Cette unité peut recevoir des moules à pression compensée. Le demi-moule gauche est muni sur sa face latérale d'un joint torique logé dans une gorge. Ce joint délimite ainsi une chambre qui va recevoir de l'air à la pression de soufflage pour appliquer parfaitement les 2 demi-moules l'un contre l'autre.

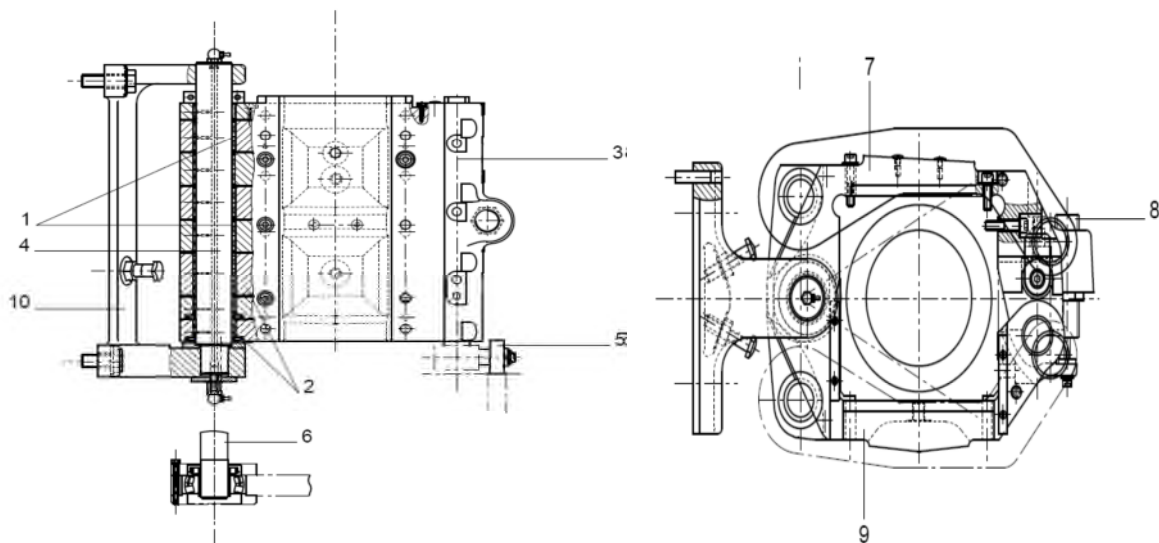


Figure II.15 Unité porte moule de la souffleuse SBO4 [2]

- 1- douilles à aiguilles
- 2- butée à aiguilles
- 3-axe de verrouillage
- 4- axe
- 5- galet de verrouillage
- 6- colonnette
- 7- équerre droite
- 8- amortisseur
- 9- équerre gauche
- 10- console

**II.9.3 Commande ouverture / fermeture de moule :**

La bielle inferieure est montée sur son axe par l'intermédiaire d'une frette conique.

Celle-ci permet le réglage de la fermeture des moules.

En cas d'incident mécanique, elle permet aussi le glissement des pièces l'une par rapport à l'autre :

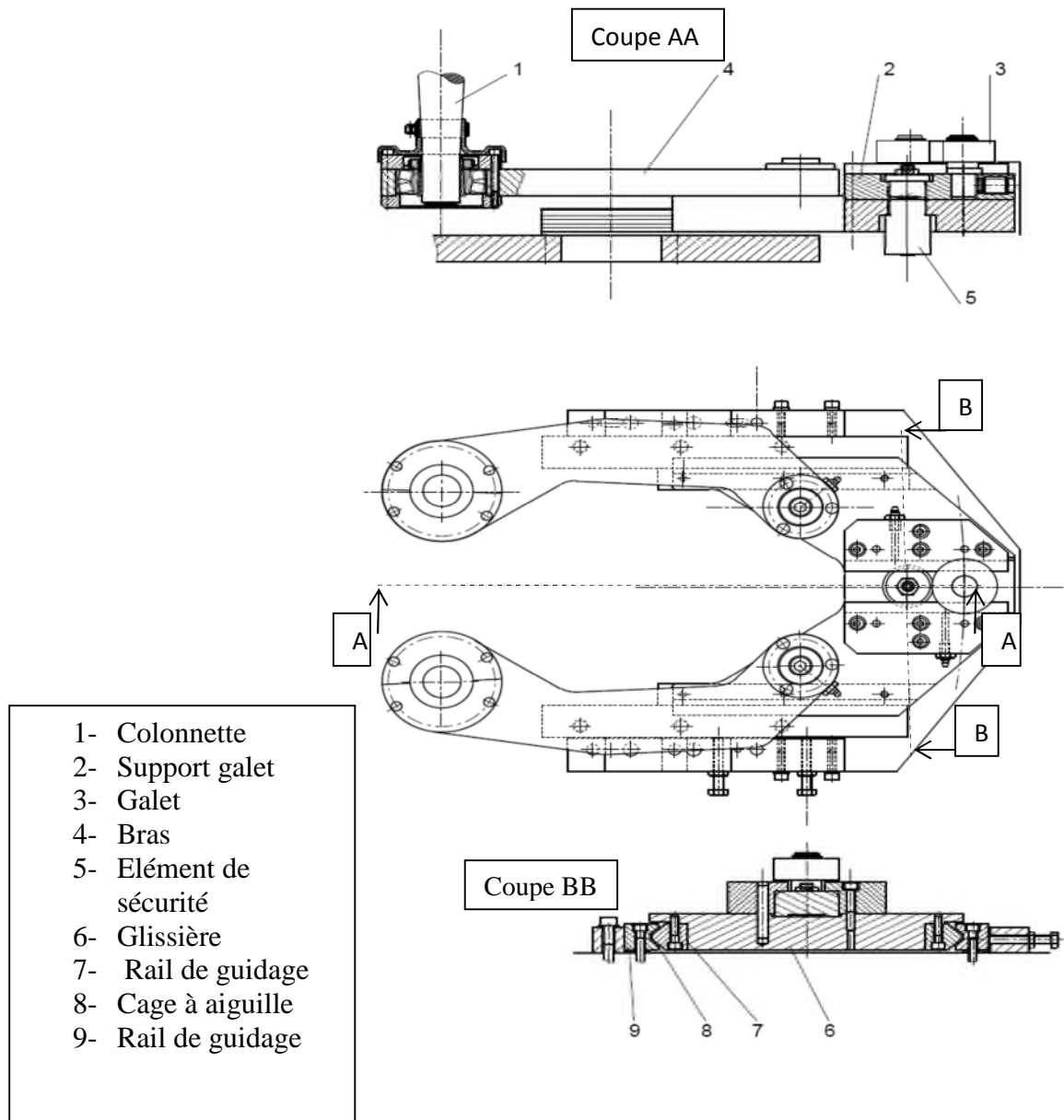


Figure II.16 commande ouverture fermeture de moule de la souffeuse SBO4 [2]



**II.9.4 Verrouillage GUPM :**

GUPM (grande unité porte moule).

Les principaux éléments constitutifs de ce verrouillage sont :

- 1 Equerre droite
- 1 Equerre gauche
- 1 Arbre monté dans l'équerre droite. Il coulisse dans 2 bagues en acier traité.
- 1 Support équipé d'un galet monté à l'extrémité inférieure de l'arbre.

\* Par l'intermédiaire d'une came, il assure le verrouillage et le déverrouillage de l'unité porte moule.

- 4 Doigts de verrouillage qui coulissent par l'intermédiaire de 4 bagues en acier traité dans l'équerre gauche. Le verrouillage de l'équerre gauche est assuré par l'intermédiaire de 4 bagues en acier traité.

\* Le doigt inférieur est fixé sur le support galet.

\* Les 3 autres doigts sont liés à l'arbre coulissant au moyen d'une tige de liaison.

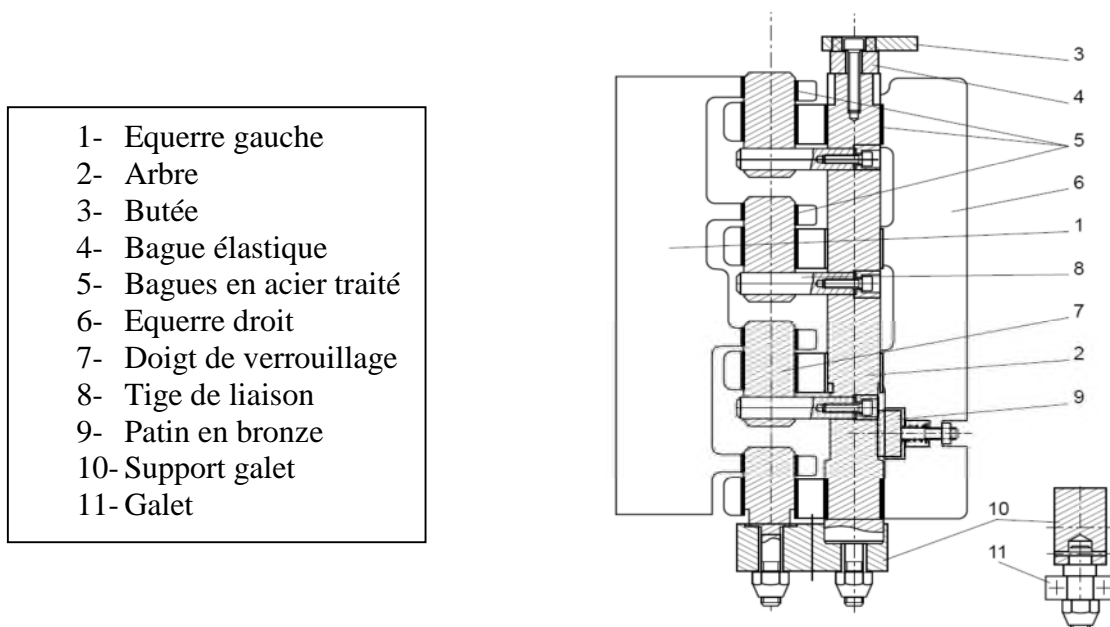


Figure II.17 Verrouillage GUPM de la souffleuse SBO4 [2]

**II.9.5 Fond de moule :**

Dans le cas d'une production d'articles à fonds auto stables, le moule ne comprend plus deux mais trois parties. Seule une partie escamotable permet le démoulage de ce type de fond.

Cette troisième partie prend place sur l'ensemble fond de moule qui est constitué des parties suivantes :

- **1 vérin pneumatique à double effet** avec amortissements pneumatiques réglables, fixé sur la table de la partie tournante.

- **1 support de fond de moule**, vissé à l'extrémité de la tige du vérin, sur lequel sont branchées les tuyauteries d'eau de régulation en température.

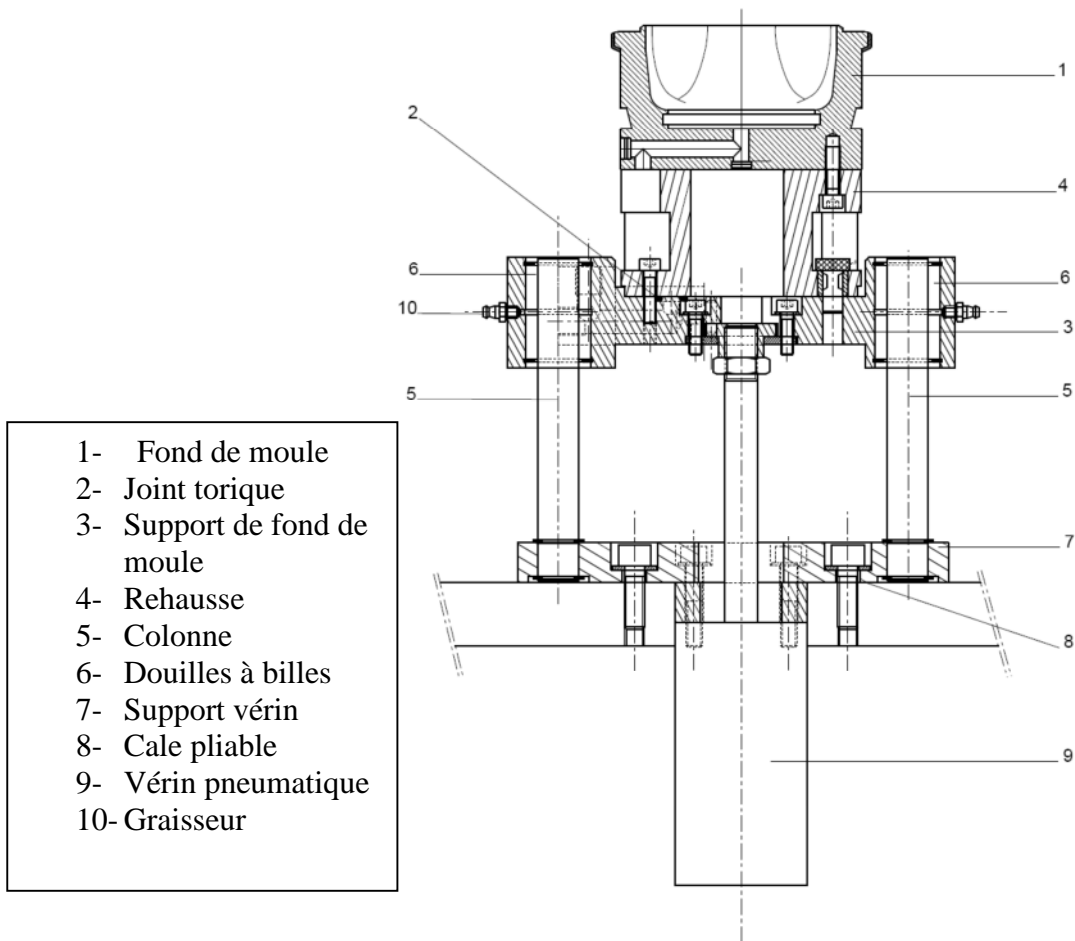
Deux colonnes montées dans des douilles à billes assurent le guidage anti rotation.

- **1 rehausse de fond de moule**. Cette pièce intermédiaire est personnalisée suivant la hauteur des moules.

Des joints toriques placés dans des gorges assurent l'étanchéité du circuit d'eau.

Une cale pliable placée entre le support vérin et la table permet d'obtenir un réglage correct du vérin pneumatique lors du montage.

La commande du vérin pneumatique est assurée par des vannes pneumatiques actionnées par la came de fond de moule.



- 1- Fond de moule
- 2- Joint torique
- 3- Support de fond de moule
- 4- Rehausse
- 5- Colonne
- 6- Douilles à billes
- 7- Support vérin
- 8- Cale pliable
- 9- Vérin pneumatique
- 10- Graisseur

Figure II.18 fond de moule de la souffeuse SBO4 [2]

### II.9.6 Tuyère de soufflage :

L'ensemble vérin de tuyère est un dispositif pneumatique qui permet d'appliquer la tuyère sur le buvant de la préforme et de la mettre en pression pour former la bouteille

L'ensemble est traversé par la tige d'élongation.

On distingue 2 fonctions :

- La partie commande.
- La partie soufflage.

\* L'une et l'autre sont assurées par la tige creuse.

A l'extrémité de la tige creuse, est vissée la tuyère équipée personnalisée à la préforme employée.

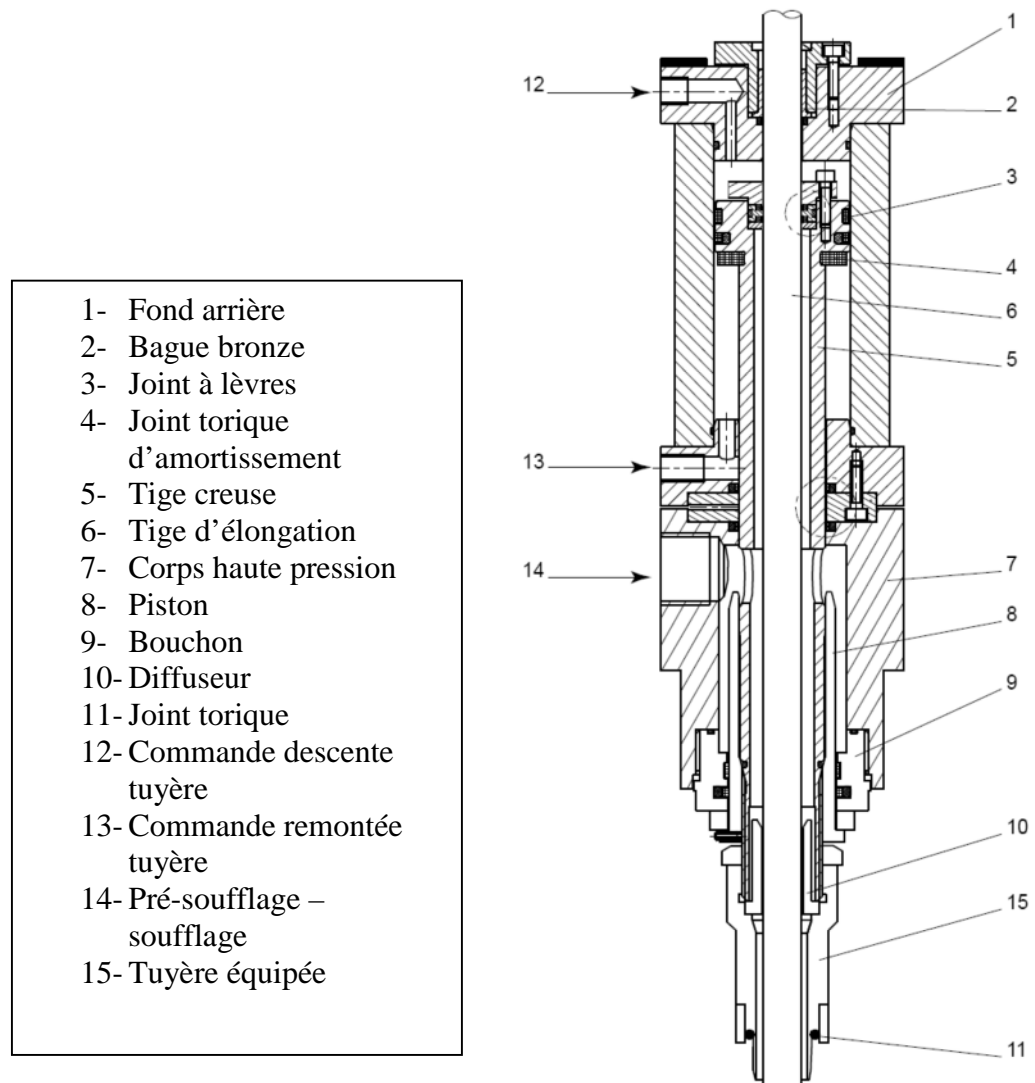


Figure II.19 Tuyère de soufflage de la souffleuse SBO4 [2]

### II.9.7 Etirage :

Le rôle de l'étirage est d'allonger mécaniquement les préformes après leur passage dans le four.

L'ensemble se décompose de la façon suivante :

- \* 1 Vérin pneumatique fournit l'énergie nécessaire à l'étirage.
- \* 1 Coulisseau guidé par deux colonnes.
- \* Une tige d'élongation fixée sur le coulisseau au moyen d'une clame.

\* 1 Galet en contact avec une came, dans la phase d'élongation, permet la régulation de la vitesse de l'étirage.

\* Deux butées personnalisées à la moulerie.

La tige d'élongation est guidée dans le vérin de tuyère. Elle pénètre à l'intérieur de la préforme et l'étire.

### **II.9.8 Vanne à voies :**

Le rôle de la vanne à 3 voies est de commuter les pressions de pré-soufflage et de soufflage et d'assurer la fonction de dégazage de la bouteille.

- **Description :**

La vanne 3 voies est constituée essentiellement :

- \* d'un corps.

- \* d'un piston.

- \* d'un levier équipé de roulements.

- **Principe de fonctionnement :**

Au passage sur les cames de pré-soufflage, puis de soufflage, le levier est actionné et commande le mouvement du piston qui détermine suivant sa position les fonctions :

- \* Dans la position sortie : c'est la fonction de dégazage.

- \* Dans la position milieu : c'est la fonction de pré-soufflage.

- \* Dans la position rentrée : c'est la fonction de soufflage.

### **II.10 Circuits d'aire :**

Les principales fonctions pneumatiques sont :

- \* L'étirage réalisé par des vérins à double effet.

- \* Le pré-soufflage.

- \* Les commandes des vérins de fonctions annexes

- \* Le soufflage.

L'alimentation en air est réalisée par deux circuits distincts :

- \* 1 circuit a haute pression.
- \* 1 circuit a basse pression.

### **II.11 Circuits d'eau :**

L'ensemble du circuit eau se décompose de la façon suivante :

- \* Un tableau hydraulique qui permet le raccordement de la machine à l'installation de traitement de l'eau.

- \* Un joint tournant eau chaude (en option).

- \* Un raccord rotatif eau froide.

- \* Un ensemble de tuyauteries embarquées sur la machine, permettant l'alimentation des moules et des fonds de moule.

- \* Un circuit d'alimentation des rampes de refroidissement et de protection des cols des préformes dans le four infrarouge.

On distingue principalement 2 circuits :

En standard :

- \* Le circuit eau froide pour les moules, les cols et les fonds.

En option :

- \* Le double circuit :

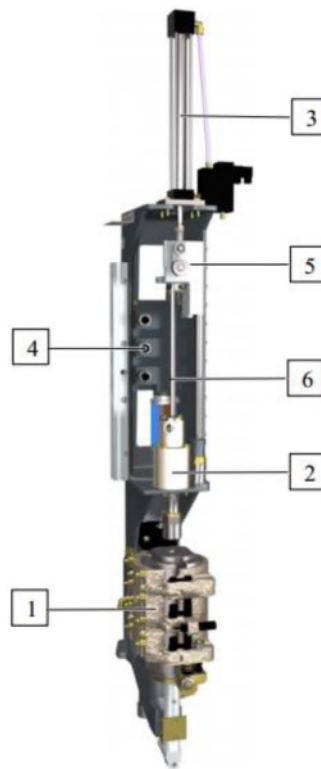
- Circuit eau froide pour le refroidissement des cols et des fonds.

- Circuit eau chaude pour les moules quand le process de fabrication de la bouteille le nécessite.

La distinction entre ces circuits, s'opère à partir du tableau hydraulique.

### II.12 Unité de soufflage :

L'unité de soufflage assure la transformation des préformes chauffées à l'état de bouteilles formées. La cadence de production d'une machine est en fonction du nombre d'unités de soufflage (cadence standard : 12000 bouteilles/ heure/ moule) [2].



|          |                    |          |                         |
|----------|--------------------|----------|-------------------------|
| <b>1</b> | Unité porte-moule  | <b>4</b> | Bloc de soufflage       |
| <b>2</b> | Vérin de tuyère    | <b>5</b> | Coulisseau d'élongation |
| <b>3</b> | Vérin d'élongation | <b>6</b> | Tige d'élongation       |

Figure II.20 : Description de l'unité de soufflage [2]

## II.13 Fonctionnement :

### II.13.1 Diagramme du cycle :

Il illustre le parcours d'une unité de soufflage dans son cycle complet de fonctionnement. Les valeurs angulaires de certaines actions sont approximatives et peuvent varier en fonction du processus de fabrication [2].

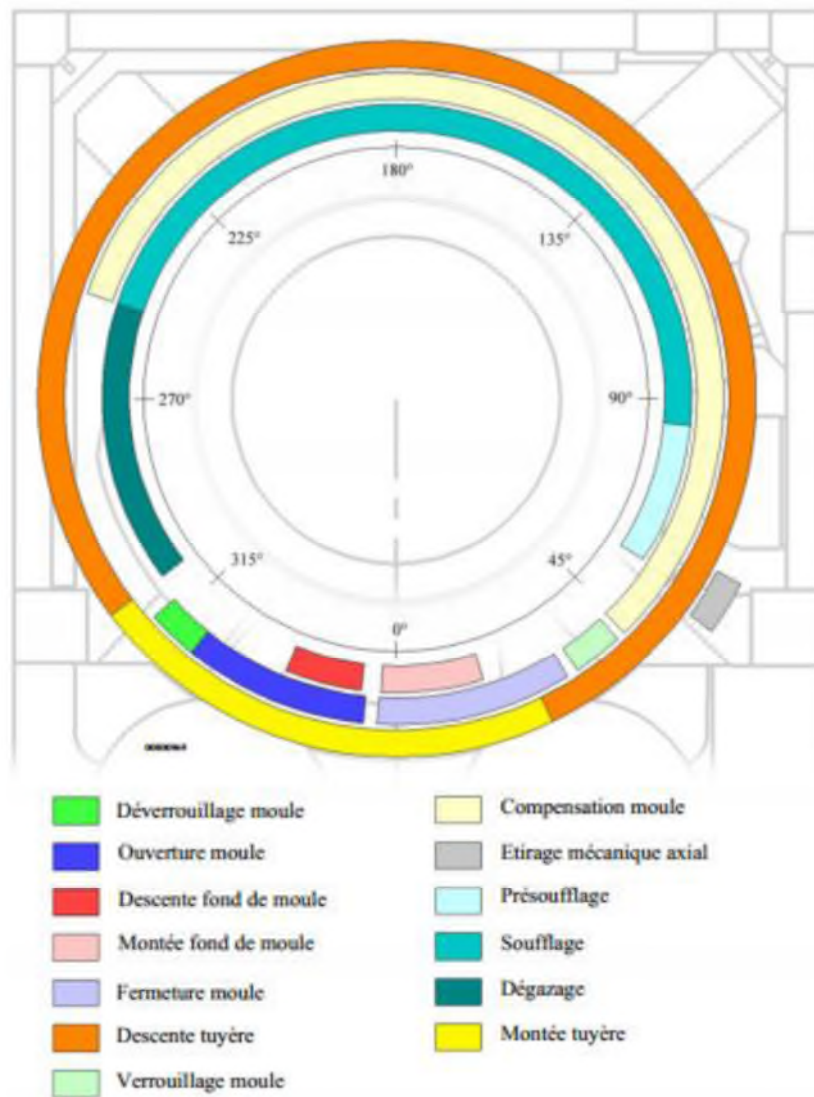


Figure II.21 Diagramme de cycle pour le fonctionnement de l'unité de soufflage [2]



**Partie 1 :****III.1 Introduction sur la maintenance industrielle :**

Aujourd'hui les entreprises ne peuvent plus négliger l'entretien de leurs outils de production. Elles prennent conscience des enjeux économiques en prévoyant la maintenance dans leur choix d'investissement. La maintenance est considérée comme une source d'optimisation de l'outil de production.

La maintenance industrielle joue un rôle de plus en plus important dans la productivité de l'entreprise. Elle n'a plus pour seule vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production. Dans un contexte de développement durable, les entreprises se trouvent face à un double enjeu: entretenir leur outil de production pour économiser et limiter le recyclage.

**III.2 Différentes politiques de maintenance :**

- Le schéma ci-dessous explique les activités de la maintenance :

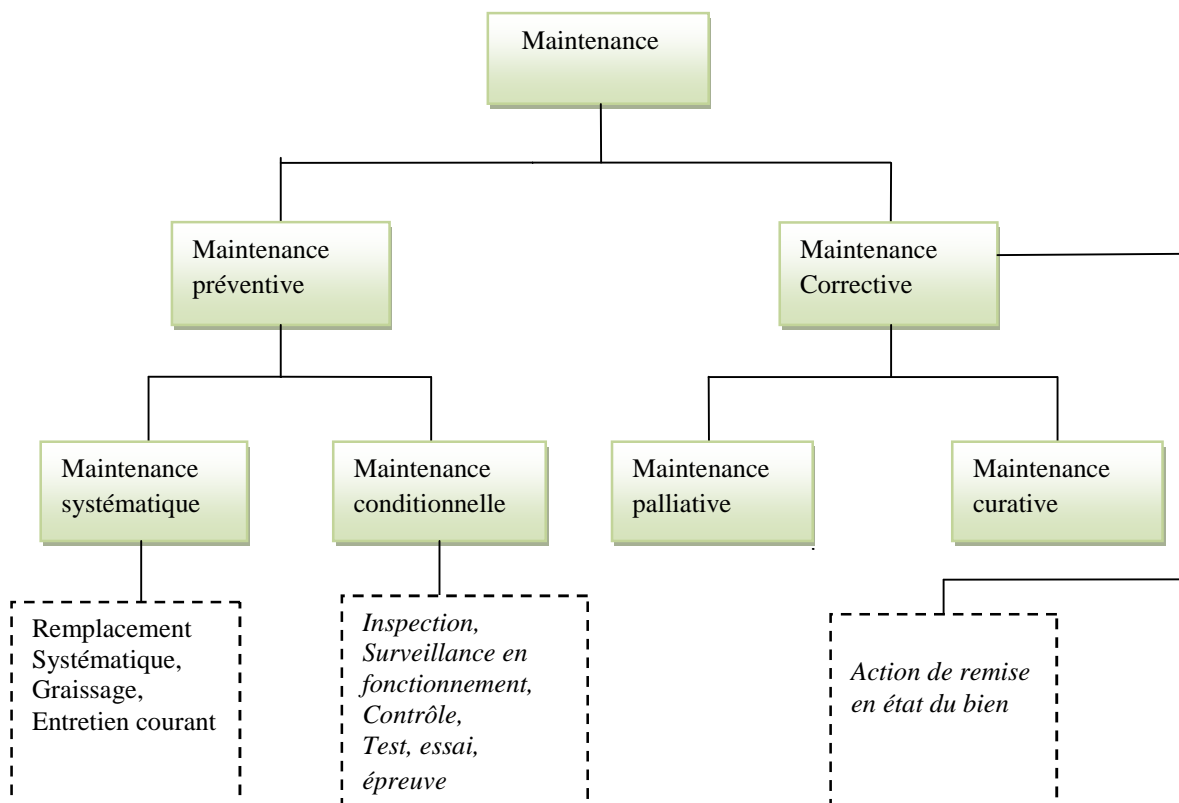


Figure III.1 Classification des types de maintenance [3].

### **III.2.1 La maintenance préventive :**

D'après l'Afnor (FD X 60-000), la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise .

Dans une entreprise, maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

#### **III.2.1.1 Types de maintenance préventive :**

##### **III.2.1.1.1 Maintenance préventive systématique :**

La maintenance préventive systématique est effectuée suivant un échéancier établi, et suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

Cette maintenance comprend des inspections périodiques et de l'intervention périodique et des interventions planifiées. [4]

##### **➤ Ce type de maintenance concerne plutôt :**

- Des équipements dont une défaillance met en cause la sécurité des biens et des personnes.
- Des équipements à coûts de défaillance élevés.
- Des équipements dont l'arrêt ou le redémarrage est long.
- Des équipements soumis à des obligations réglementaires.

##### **III.2.1.1.2 Maintenance préventive conditionnelle :**

La maintenance préventive conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé, elle est basée sur une surveillance de fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent. [4]

**Ses objectifs :**

- Eviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer les défaillances
- Accroître la sécurité des équipements et des personnes
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions

**III.2.2 La maintenance corrective :**

La maintenance corrective est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

**III.2.2.1 Les type de maintenance corrective :**

La maintenance corrective n'est pas forcément celle qui est la moins coûteuse, d'abord parce que, pour une même intervention elle peut forcer à engager des moyens exceptionnels justifiés par la criticité de la défaillance, d'autre part parce que l'interruption non programmée du service ou de la production, peut avoir des conséquences préjudiciables pour l'entreprise.

La maintenance corrective est, par définition, imprévisible mais pas forcément imprévue :

**a) Maintenance corrective «acceptée»**

La recherche permanente du meilleur rapport, usage/coût, peut conduire à accepter la défaillance d'un équipement avant d'envisager des actions de maintenance.

**b) Maintenance corrective «palliative»**

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise.

Appelée couramment «dépannage», la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

### c) Maintenance corrective «curative»

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

#### III.2.2.2 Les phases d'une intervention de maintenance corrective :

La maintenance corrective vise à rétablir le bien considéré dans l'état d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement et/ou partiellement.

La figure ci-dessous montre les différentes phases d'une intervention type de maintenance corrective.

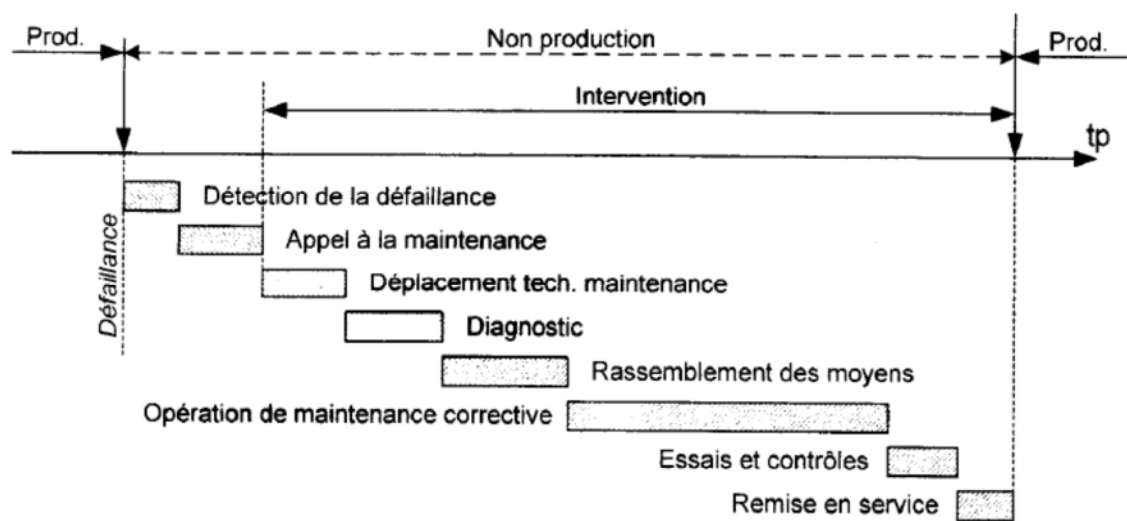


Figure III.2 Les phases d'une opération de maintenance corrective

**Phase 1 : Détection de la défaillance** = Temps mis par l'utilisateur du système pour constater une dérive de fonctionnement.

**Phase 2 : Appel à la maintenance** = Temps utilisé pour informer le service maintenance avec un minimum de détails (localisation, conséquences, premiers symptômes, ...).

**Phase 3 : Déplacement des intervenants** = Temps nécessaire aux techniciens pour se rendre sur le lieu de la défaillance.

**Phase 4 : Diagnostic** = Temps nécessaire aux techniciens de maintenance pour identifier la cause de la défaillance et organiser l'intervention (détection, localisation, analyse).

**Phase 5 : Rassemblement des moyens** = Temps nécessaire aux techniciens de maintenance pour se fournir en outillages et pièces de rechanges.

**Phase 6 : Opération de maintenance corrective** (dépannage ou réparation) = Temps nécessaire aux techniciens de maintenance pour remettre le système en état d'accomplir sa mission.

**Phase 7 : Essais et contrôles** = Temps nécessaire aux techniciens de maintenance pour valider la remise à niveau de compétence du système.

**Phase 8 : Remise en service** = Temps nécessaire aux techniciens de maintenance éventuellement associés à l'utilisateur pour permettre au système d'atteindre sa cadence nominale.

### III.3 Les modes de défaillance :

#### III.3.1 Définition de la défaillance :

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise. Après une défaillance, le bien est en panne, totale ou partielle. (NF EN 13306).

- **Ces modes :**

Un mode de défaillance est défini dans la norme EN13306 comme la façon par laquelle l'incapacité d'un bien à remplir une fonction requise est constatée. Il peut apparaître sous la forme d'un arrêt intempestif, de la perte de caractéristique, d'un non-arrêt, d'un démarrage intempestif ou d'un non-démarrage, [Afnor, 2001].

La défaillance est traitée par le biais d'une tâche de maintenance corrective visant à remettre le matériel en état de fonctionnement. Cette tâche consiste à une réparation ou un remplacement. [7]

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Ceci peut intervenir de quatre manières différentes:

- Plus de fonction : la fonction cesse de se réaliser.
- Pas de fonction : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite.
- Fonction dégradée : la fonction ne se réalise pas parfaitement : altération des performances.
- Fonction intempestive: la fonction se réalise alors qu'elle n'est pas sollicitée.

Le tableau 3 : illustre par des exemples les différents modes de défaillances que ce soit pour des composants électriques, hydrauliques ou mécaniques. [7]

Tableau III.1 Exemples de modes de défaillance. [7]

| Modes de défaillance          | Composants mécaniques             | Composants hydrauliques                             |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Plus de fonctionnement</b> | - rupture<br>- blocage / grippage | - composant défectueux<br>- circuit coupé ou bouché |
| <b>Pas de fonctionnement</b>  |                                   | - connexions / raccords débranchés                  |
| <b>Fonction dégradée</b>      | - désolidarisation<br>- jeu       | - mauvaise étanchéité<br>- usure                    |
| <b>Fonction intempestive</b>  |                                   | - perturbations (coups de bélier)                   |

#### III.4 Classification des causes de défaillances :

Les caractéristiques d'une défaillance doivent être correctement identifiées afin de prévoir et d'organiser l'intervention nécessaire pour la remise en état initial de l'entité.

- **Défaillances de causes intrinsèques :**

Défaillances dues à une mauvaise conception du bien, à une fabrication non conforme du bien ou à une mauvaise installation du bien. Les défaillances par usure et par vieillissement sont des défaillances intrinsèques.

- **Défaillance de causes extrinsèques :**

Défaillances de mauvais emploi, par fausses manœuvres, dues à la maintenance, conséquences d'une autre défaillance.

Une défaillance se caractérise également par le moment où elle se manifeste par rapport au cycle de vie de l'entité. Elle peut être **précoce ; aléatoire ; d'usure** [6]

**Exemple :** les différentes causes de défaillance que ce soit pour des composantes hydrauliques et mécaniques :

Tableau III. 2 Exemples des causes de défaillance. [7]

| <b>Causes de défaillance</b>                 | <b>Composants mécaniques</b>   | <b>Composants hydrauliques</b>  |
|--|--|---|
| <b>Causes internes Matériel</b>              | - contraintes mécaniques<br>- fatigue mécanique<br>- états de surface                  | - vieillissement<br>- composant HS<br>- fuites  |
| <b>Causes externes Milieu d'exploitation</b> | - pollution (poussières, huile, eau)<br>- vibrations<br>- échauffement local<br>- choc | - pollution (poussière, huile, eau)<br>-vibration<br>- échauffement local<br>- choc, coup de bélier |
| <b>Causes externes Main d'œuvre</b>          | - conception<br>- montage<br>- réglage<br>- mise en œuvre<br>- utilisation             | - montage<br>- réglage<br>- mise en œuvre<br>- utilisation  |

### III.5 Maintenance appliquée sur la souffleuse SBO4 :

Toutes les opérations de maintenance de l'équipement en question sont enregistrées au niveau du service maintenance, le recueil des opérations de maintenance préventive qui est un document de travail des méthodes qui permet de lister les opérations en passant en revue systématique tous les organes. Ce document comporte les éléments suivants :

**Opérations :**

Cette partie comporte la description succincte des opérations appliquées sur des organes, on met une croix dans les deux colonnes suivantes :

Marche : pour l'opération qui pourrait se faire pendant que la machine est en production

Arrêt : pour l'opération qui doit être faire pendant un arrêt de la production

**Durée :**

Il s'agit du temps élémentaire de l'opération, dont l'estimation est basée sur l'expérience, hors temps de déplacement, ce temps est exprimé en heure et on notera 0.500 pour une demi-heure

**Périodicité :**

J : journalier

H : hebdomadaire

T : trimestriel

S : semestriel

A : annuel

D'après le recueil des opérations de la maintenance appliquée sur la machine étudiée et selon le bureau des méthodes de maintenance, ils appliquent :

**III.5.1 La maintenance préventive conditionnelle hebdomadaire :**

Le réglage de toutes les fonctions mécaniques et des sécurités ne sont pas à reprendre systématiquement lors de la maintenance hebdomadaire.

L'opérateur doit se reporter au cahier de production de la machine qui est la base de l'entretien hebdomadaire.

A titre indicatif, le temps d'arrêt imparti à la maintenance hebdomadaire, incluant le graissage, est d'environ 3 à 4 heures pour les SBO 4.

L'entretien hebdomadaire est effectué généralement par 2 techniciens.



➤ **Les opérations de maintenance hebdomadaire effectuées sur la souffleuse sont :**

- **Moule :**

Nettoyer tous les moules et tous les fonds de moule.

- **Sécurités machine :**

Vérification de leur position par rapport à l'élément protégé.

Vérifier leur fonctionnement sur l'entrée automate correspondante.

- **Vérification des galets :**

- Verrouillage.

- Tournettes.

- Transferts.

- Etirage.

Sur tous les postes :

La machine étant au ralenti, vérifier leur rotation.

Ces galets ne nécessitent pas d'entretien (sauf étirage) - type étanche.

- **Tuyères de soufflage :**

Sur tous les postes :

Vérification du centrage par rapport au moule.

En mode "réglage", une bouteille étant placée dans le moule, vérifier l'étanchéité des 4 tuyères, Changer éventuellement les joints, les remonter légèrement graissés, utiliser de la graisse alimentaire.

- **Elongation :**

Contrôler le réglage des tiges d'élongation.

- **Unité porte moule :**

Régler éventuellement les amortisseurs de fermeture des moules : Le réglage est tel que le moule est à la limite du claquement sonore.

- **Fond de moule :**

Ces contrôles doivent être effectués, les moules étant à leur température de fonctionnement. Le fond de moule étant en position, et le moule verrouillé.

Couper l'air et vérifier (par exemple au moyen d'un comparateur) que l'ensemble support de fond de moule descend de 0,05 mm.

- **Contrôle de la sécurité sur la came de verrouillage de moule :**

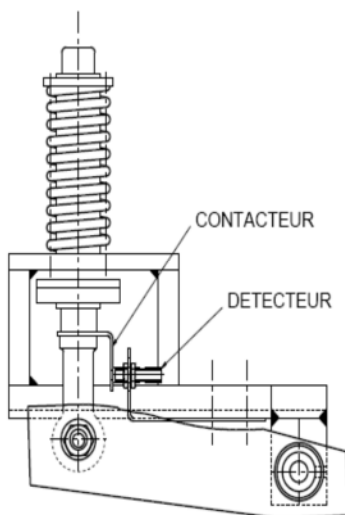
Le contact de verrouillage ou de non verrouillage est assuré par un ensemble "détecteur/contacteur".

Un trou oblong dans le contacteur permet d'occulter ou non la cellule du détecteur.

**Réglage :**

Un jeu de 2 mm est imposé entre le détecteur et le contacteur.

Position de non verrouillage :



Position de verrouillage :

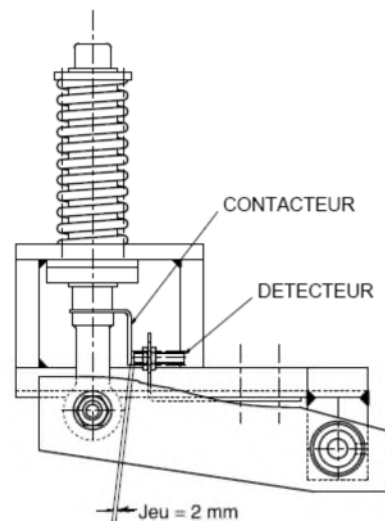


Figure III.3 position de moule non verrouillé [2] Figure III.4 position de moule verrouillé [2]

---

### III.5.2 Maintenance préventive systématique annuelle :

Dans le cadre de la maintenance préventive systématique des infrastructures de signalisation sur la machine, le PAM (Planning Annuel de Maintenance) indique, pour l'année à venir et sur un périmètre d'exploitation donné, les dates de réalisations planifiées pour toutes les opérations de maintenance à réaliser. Cette planification doit respecter des périodes maximales entre deux interventions successives en tenant compte des dates de dernière intervention lors des années écoulées.

- **Tuyères de soufflage :**

Démontage et nettoyage.

Contrôle des joints : les remonter légèrement graissés. Utiliser de la graisse alimentaire

- **Commande ouverture/fermeture moule :**

Limiteur d'effort : contrôle de la précontrainte : 0,4 mm, à régler si nécessaire

- **Armoires électriques :**

Inspection générale.

Vérification et resserrage systématique de toutes les vis assurant le serrage des connexions électriques. Ne pas oublier les connexions de l'autotransformateur ou du transformateur si l'équipement en comporte un.

Inspection des blocs fusibles et des câblages.

- **Automate programmable:**

Automate sous tension :

Changement de la pile de sauvegarde RAM.

- **Lampes infrarouges :**

Durée de vie : 5.000 heures sous 235 volts.

Utilisant ces éléments souvent sous une tension inférieure, la durée de vie pratique est donc supérieure.

Il y a lieu d'effectuer un contrôle périodique, plutôt qu'un changement systématique.

- ✚ Parmi les opérations et les contrôles effectuée sur la machine on site quelques un, précisément sur le sous ensemble de la roue de soufflage « unité porte moule GUPM, commande O / F de moule, et fond de moule » :

Tableau III.3 quelques opérations et controles effectuée annuelement sur le sous ensemble de la roue de soufflage [5].

| Action parties                | Vérifications et contrôles  | Pièces de rechange  |
|-------------------------------|---|---|
| Grande Unité porte moule GUPM | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglage de hauteur des moules</li> <li>- Contrôler l'état des bielles de commande</li> <li>- Contrôler le galet O/F de moule</li> <li>- Contrôler l'état des bagues de centrage de moule</li> <li>- Contrôler l'état et le fonctionnement de système de verrouillage</li> <li>- Contrôler la fixation des unités porte moule</li> <li>- Vérification de jeu de compensation</li> <li>- Graissage de la couronne d'orientation de la roue de soufflage</li> <li>- Contrôler l'état des roulements et des paliers</li> <li>- Contrôler le synchronisme de transfert de préforme / roue de soufflage</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Goupilles CYLIND 8X 50 521</li> <li>- Rondelle de serrage</li> <li>- Butée a aiguille AXW 40</li> <li>- les glissières : gauche / droite</li> <li>- Roulements et paliers</li> <li>- Manchon de serrage H307</li> <li>- Capot</li> <li>- Support galet / axe galet</li> <li>- Entretoise</li> <li>- Limiteur d'effort</li> <li>- les rails de guidage</li> <li>- Anneau élastique</li> <li>- Cale de pression</li> <li>- Vis CS 4X 10 CL.4-6 ZING / BIC</li> </ul> |
| Came de command O/F de moule  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler la came escamotable O/F de moule</li> <li>- Contrôler la came d'élongation</li> <li>- Contrôler la sécurité de la came de verrouillage</li> <li>- Contrôler l'usure de la came de commande</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Embase</li> <li>- Butée</li> <li>- Renfort</li> <li>- Axe</li> <li>- Support</li> <li>- Rondelle a ressort</li> <li>- Les rails de guidage</li> </ul>  |

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
|                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyer les cames montée / descente FDM</li> <li>- Nettoyer les cames de verrouillage / déverrouillage de moule</li> <li>- Graisser la came O/F de moule</li> <li>-Graisser les cames de verrouillage / déverrouillage de moule</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La cage a aiguille</li> <li>- Roulement rigide</li> <li>- Cous</li> </ul>   |
| Fond de moule FDM | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déposer le fond de moule</li> <li>- Contrôler et régler la hauteur de fond de moule</li> <li>- Contrôler le centrage et l'état de fond de moule</li> <li>- Contrôler le fonctionnement de verrine FDM</li> <li>- Contrôler et reconditionner les verrines FDM</li> <li>- Contrôler le fonctionnement des distributeurs pneumatique FDM</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support verrine</li> <li>- Support intermédiaire</li> <li>- Axe</li> <li>- verrine SCA/8050/NORGREN-MARTONIA</li> <li>- Pochette QA 8050/00-MORTONAIR</li> <li>- Tige chromée 20Ø 200 mm</li> <li>- Ecrou de tige M16X150</li> <li>- Joint torique</li> <li>- Douille a billes</li> <li>- Anneau</li> <li>- Embout</li> <li>- Anneau élastique</li> </ul> |

## Partie 2 :

### III.6 Analyse de l'historique des pannes de la souffeuse SBO4 :

Après avoir étudié le fonctionnement de la souffeuse SBO 4, et les données que nous avons eues au sein de l'entreprise, dans cette partie on s'est intéressé à l'analyse historique des pannes, répertoriées sur la souffeuse SBO4 durant les années : 2015, 2016 et 2017

Tableau III.4 Historique des pannes de la souffeuse SBO4 [8]

| N° DI | Description de l'intervention         | Date de DI | Machine arrêtée |
|-------|---------------------------------------|------------|-----------------|
| 01    | Moule non verrouillé n°01             | 07/09/2017 | Oui             |
| 02    | Défaut tuyère moule n°03              | 17/08/2017 | Oui             |
| 03    | Effort sur le verrouillage moule n°03 | 15/08/2017 | Oui             |
| 04    | Cisaillement axe FDM n°04             | 29/07/2017 | Oui             |
| 05    | Blocage de la roue de soufflage       | 27/07/2017 | Oui             |
| 06    | Fuite d'eau FDM n°03                  | 20/07/2017 | Oui             |

|    |   |            |     |
|----|---|------------|-----|
| 07 | Cisaillement axe de guide FDM n°01              | 18/07/2017 | Oui |
| 08 | Moule non verrouillé n°04 (FDM)                 | 05/07/2017 | Non |
| 09 | Moule non verrouillé n°01                       | 03/07/2017 | Oui |
| 10 | Moule non verrouillé n°01 (axe FDM)             | 25/06/2017 | Non |
| 11 | Cisaillement axe FDM n°03                       | 16/10/2016 | Oui |
| 12 | Moule non verrouillé n°01                       | 01/09/2016 | Oui |
| 13 | Fuite d'aire dans le flexible d'élongation      | 12/07/2016 | Oui |
| 14 | Fuite d'eau du fond de moule                    | 15/06/2016 | Oui |
| 15 | Défaut tuyère de moule n°03                     | 07/06/2016 | Non |
| 16 | Moule non verrouillé n°01 + fuite d'eau         | 29/04/2016 | Non |
| 17 | Axe vérin de fond de moule n°1 trouvé cisailé   | 02/04/2016 | Non |
| 18 | Cisaillement de l'axe du galet O/F du moule n°3 | 26/02/2016 | Non |
| 19 | Cisaillement axe FDM n°04                       | 25/01/2016 | Oui |
| 20 | Cisaillement axe FDM n°01                       | 17/01/2016 | Non |
| 21 | Jeu au niveau de FDM n°03                       | 23/12/2015 | Oui |
| 22 | Fuite au niveau de FDM n°02                     | 01/08/2015 | Oui |
| 23 | Défaut tuyère de moule n°01                     | 23/04/2015 | Oui |
| 24 | Défaut remonté fond de moule n°01               | 16/04/2015 | Oui |
| 25 | Cisaillement axe galet O/F de moule             | 18/02/2015 | Oui |
| 26 | Moule n°03 décentré                             | 14/01/2015 | Oui |

### III.6.1 Graphe de PARETO :

Ce graphe nous résume l'analyse historique des pannes de la souffleuse SBO4 qui est mentionné ci-dessus dans le tableau 6, par un diagramme explicatif :

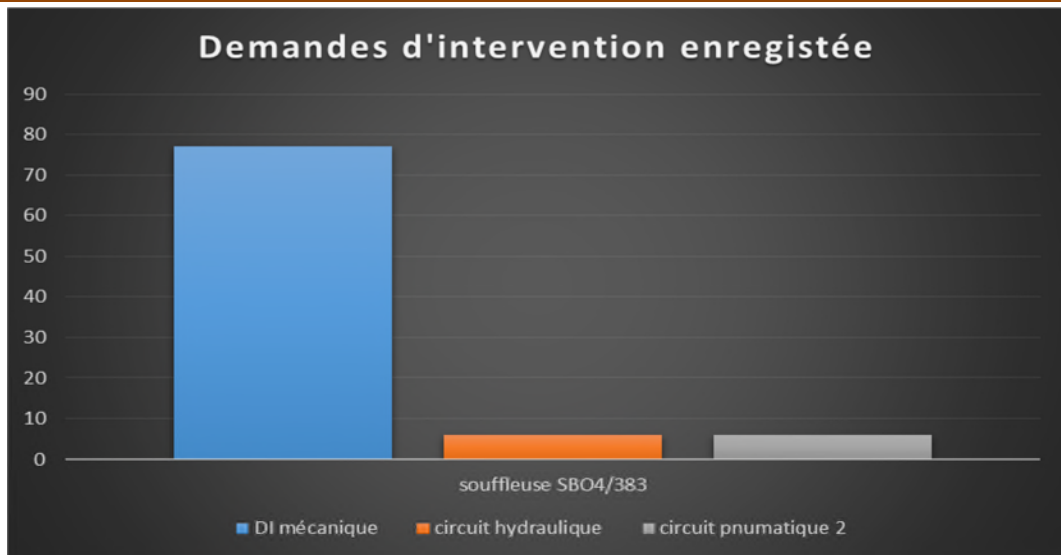


Figure III.5 Graphe de demande d'intervention sur la machine SBO4. [8]

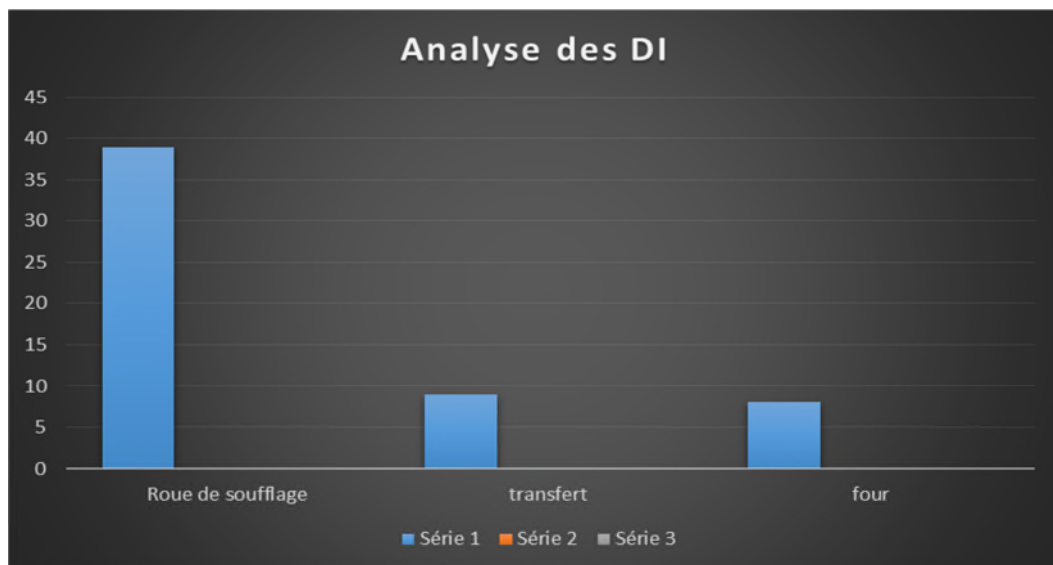


Figure III.6 Graphe d'analyse de demande d'intervention mécanique sur la machine SBO4. [8]

- **Discussions sur l'historique des pannes et les deux graphes de PARETO :**

Le graphe de PARETO résume tout l'historique des pannes mentionné dans le tableau 6, durant les trois années précédentes 2015, 2016 et 2017, qui nous indique le pourcentage des trois DI ( demandes d'interventions ) mécaniques, hydrauliques et pneumatiques, on observe sur la [Fig.23] que le taux de DI mécaniques dépasse les 70%, par contre les DI hydrauliques et pneumatiques ne dépasse pas les 10%, ce la veut dire que la majorité des pannes est liée aux problèmes mécaniques. Le deuxième graphe [Fig.24] nous montre clairement la

répartition des DI des trois sous ensembles mécaniques : roue de soufflage, four et transfert, sur lesquels surviennent les défaillances de la souffeuse. On constate d'après le graphe [Fig.24] que la roue de soufflage est la cause principale de ces défaillances. Le tableau suivant récapitule les différentes causes de la roue de soufflage :

| Sous-ensemble        | Partie                          | Fonction                              | Organes                                   | Modes de défaillance                      | Causes  | Effets              |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---------------------|
| La roue de soufflage | Grande Unité Porte Moule (GUPM) | Commande Ouverture Fermeture de moule | - Paire de bras (Colonnnette)             | - Moule non fermé                         | - Jeu radial<br>-Usure de l'embout<br>-Fissurations<br>-Cisaillement                            | Arrêt de la machine |
|                      |                                 |                                       | - Galet<br>- Support galet<br>- Axe galet | -Moule non fermé<br>-Moule non verrouillé | - Blocage<br>- Bruit<br>- Ecaillage<br>- Jeu<br>-Usure de galet<br>-Cisaillement de l'axe galet | Arrêt de la machine |
|                      |                                 |                                       | - Glissière                               | -Moule non fermé                          | - Blocage<br>-Usure<br>-Cisaillement des vis de fixation  | Arrêt de la machine |
|                      |                                 |                                       | -Rail de guidage                          | -Moule non fermé                          | -Usure<br>-Cisaillement de vis de fixation  | Arrêt de la machine |
|                      |                                 | Fond de moule                         | -Vérin de fond de moule                   | - Moule non fermé                         | - blocage de fond de moule<br>- déformation<br>- cisaillement                                   | Arrêt de la machine |
|                      |                                 |                                       | -Support de fond de moule                 | - Moule non fermé                         | - cisaillement des axes   | Arrêt de la machine |
|                      |                                 | Came de comm                          | -Butée                                    | - Moule non fermé                         | - blocage<br>- échauffement<br>- cisaillement   | Arrêt de la machine |



|  |  |  |                                  |                   |   |                     |
|--|--|--|----------------------------------|-------------------|---|---------------------|
|  |  |  | -Glissières                      | - Moule non fermé | - jeu de la came<br>- blocage<br>- cisaillement des vis de fixation | Arrêt de la machine |
|  |  |  | -Rondelle à ressort (Belleville) | - Moule non fermé | -perte d'élasticité<br>- déformation                                | Effort sur la came  |
|  |  |  | -Rail de guidage                 | - Moule non fermé | - rupture des cages a aiguilles<br>- jeu de la came                 | Arrêt de la machine |

### III.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le rôle de la maintenance dans l'entreprise industrielle qui nous a permis d'exprimer quelques notions telle que les types de maintenance, les différents types de conséquences sur le fonctionnement de la maintenance.

Comme toutes activité industrielle, la maintenance évolue et il ne peut donc pas avoir une seule et unique pratique, sa politique a pour objectif première de porter l'outil de production à son potentiel de disponibilité et au cout minimal.

#### **IV.1 Diagnostic et expertise :**

Dans cette partie on va étudier le diagnostic des pannes et les hypothèses qui peuvent être l'une des raisons qui sont liés à l'endommagement des axes (galet, fond de moule), des vis de fixation de rails de guidage (la came de commande, commande ouverture/fermeture de moule), après une étude approfondie du fonctionnement de la roue de soufflage et particulièrement la came de commande ouverture et fermeture du moule.

#### **IV.2 Définition :**

Le diagnostic est « l'identification de la cause probable de défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test ». La norme NF EN 13306 va plus loin, puisqu'elle indique que le diagnostic d'une panne est « l'ensemble des actions menées pour la détection de la panne, sa localisation et l'identification de la cause ». On va donc jusqu'à l'expertise de la défaillance.

Localisation de la panne est l'ensemble des actions menées en vue d'identifier l'équipement en panne au niveau de l'arborescence appropriée.

#### **IV.3 Les démarches à suivre pour un diagnostic :**

Le diagnostic est la phase terminale de l'analyse de défaillances, notre diagnostic s'appuie sur un nombre d'étapes suivantes :

- 1) - Symptômes
- 2) - Service de maintenance ne fait pas un bon travail
- 3) - Défauts de montage
- 4) - Les pièces de rechange
- 5) - Défaut de conception :

On appliquera ces démarches pour notre cas en vue de déceler les causes de défaillance des composants cités ci-dessus

1) Symptômes :

Les symptômes peuvent être observés, sans démontage ou bien après démontage par les opérateurs de la machine ou par les maintenanciers :

- Sans démontage :

- Les bruits : le soufflage dans le vide c'est-à-dire le moule n'est pas bien fermé, mauvais transfert de la préforme et la bouteille, fuites de la pression.

- L'odeur de brûlé : les efforts de frottement des galets sur les cames de guidages, qui dégagent une odeur de brûlé.

- Manque de cadence.

- Après démontage :

- L'usure

- Fissuration

- Déformation

- Cisaillement

- Perte d'élasticité

2) Service de maintenance ne fait pas un bon travail :

Durant notre période de stage on a demandé au service des méthodes de maintenance est ce qu'ils appliquent bien la procédure de maintenance après détection de la panne, cas correctif et préventif, hebdomadaire pour le conditionnel et annuel pour le systématique.

D'après leurs réponse il n'ya aucun doute là-dessus.

3) Défauts de montage :

A chaque rupture et dégradation des pièces les maintenanciers procèdent à leur chargement en respectent scrupuleusement les consignes du constructeur que ce soit le montage et démontage lui-même ainsi que le respect de tout les tolérances et divers réglage

4) Pièces de rechange :

Plus de 80% des pièces utilisées sur la machine sont fournies par le constructeur «SIDEL», et dans le cas où y'a un manque de pièces dans le stock, l'équipe de maintenance se procure les pièces dont ils ont besoin à partir d'un centre d'usinage

5) Défauts de conception :

D'après les démarches qu'on a suivies pour trouver la cause principale de ce dysfonctionnement de la came de commande O/F de moule, pendant notre diagnostic on a trouvé que toutes les démarches sont bien appliquées, donc il reste le problème de mécanisme à vérifier.

**IV.4 Analyse technologique du système :**

La machine de soufflage SBO4 peut être décomposée en sous-ensembles, sachant que les mouvements sont contrôlés par des cames et des galets suiveurs.

Dans notre étude on s'intéressera aux composants de la came de commande de la roue de soufflage, parce que :

- L'un des composants ne fonction pas correctement.
- Ou elle ne fonctionne pas régulièrement.
- Ou bien ce composant n'est pas bien monté.

**IV.5 La description de la came de commande (came escamotable) :**

L'ouverture et la fermeture des moules est obtenue à partir d'un coulisseau équipé d'un galet en prise dans une came.

La came O/F de moule (escamotable) est un ensemble de pièces et d'éléments d'assemblages, elle est posé sur un support fixé par des vis (vis H M16X 70 CL.10-9 ZING/BIC) qui se trouvent au dessous du bâti de la machine, un deuxième support est fixé sur le premier à l'aide du vis (CHC M12 X 45/45 CL 10-9 ZING/BIC) ce dernier contient deux rails de guidage et deux cages à aiguilles qui permettent à la came de glisser, cette dernière est fixer par 3 vis (M8 X 25/25 CL .12.9)

Deux ressorts de compression à base de rondelles à ressort type Belleville, chaque ressort contient 16 rondelles, huit rondelles de référence (35.5 X 18.3 X 2.0) et les huit autres, de référence (35.5 X 18.3 X 1.25) qui sont montées en série

Entre ces deux ressorts il y'a une butée réglable pour la sécurité de la came de référence (H M12 65 CL 8-8). [2]

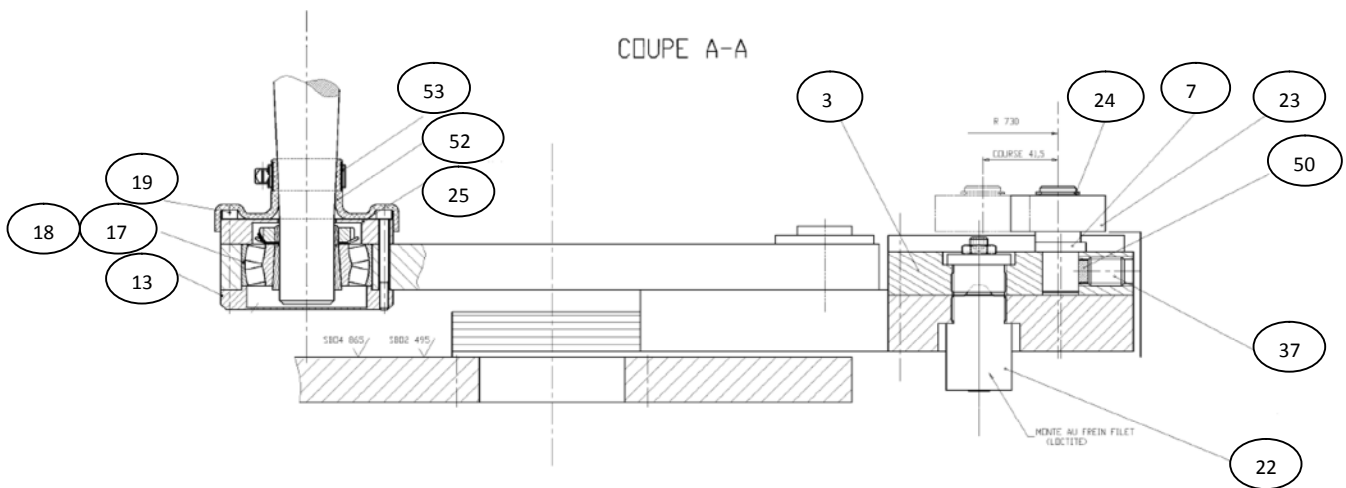


Figure IV.1 commande O/F du moule coupe A-A [2]

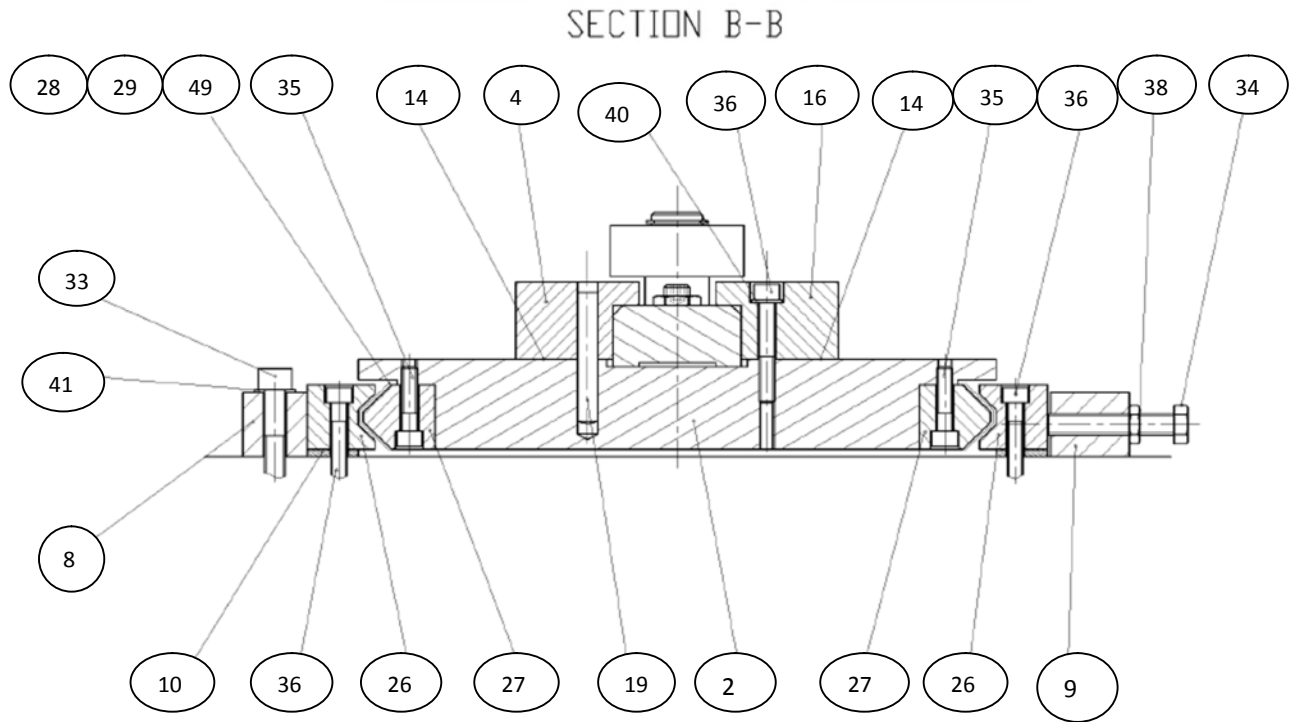


Figure IV.2 commande O/F du moule coupe B-B [2]

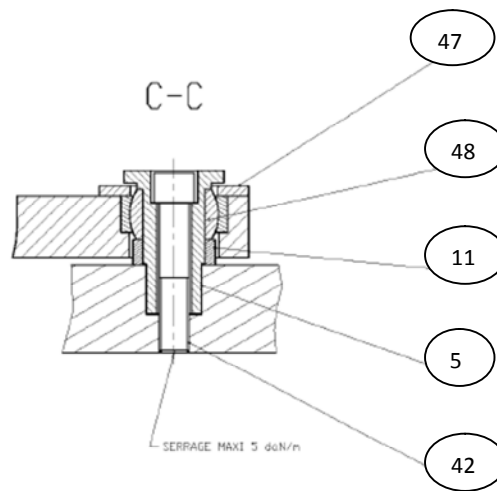


Figure IV.3 commande O/F du moule coupe C-C [2]

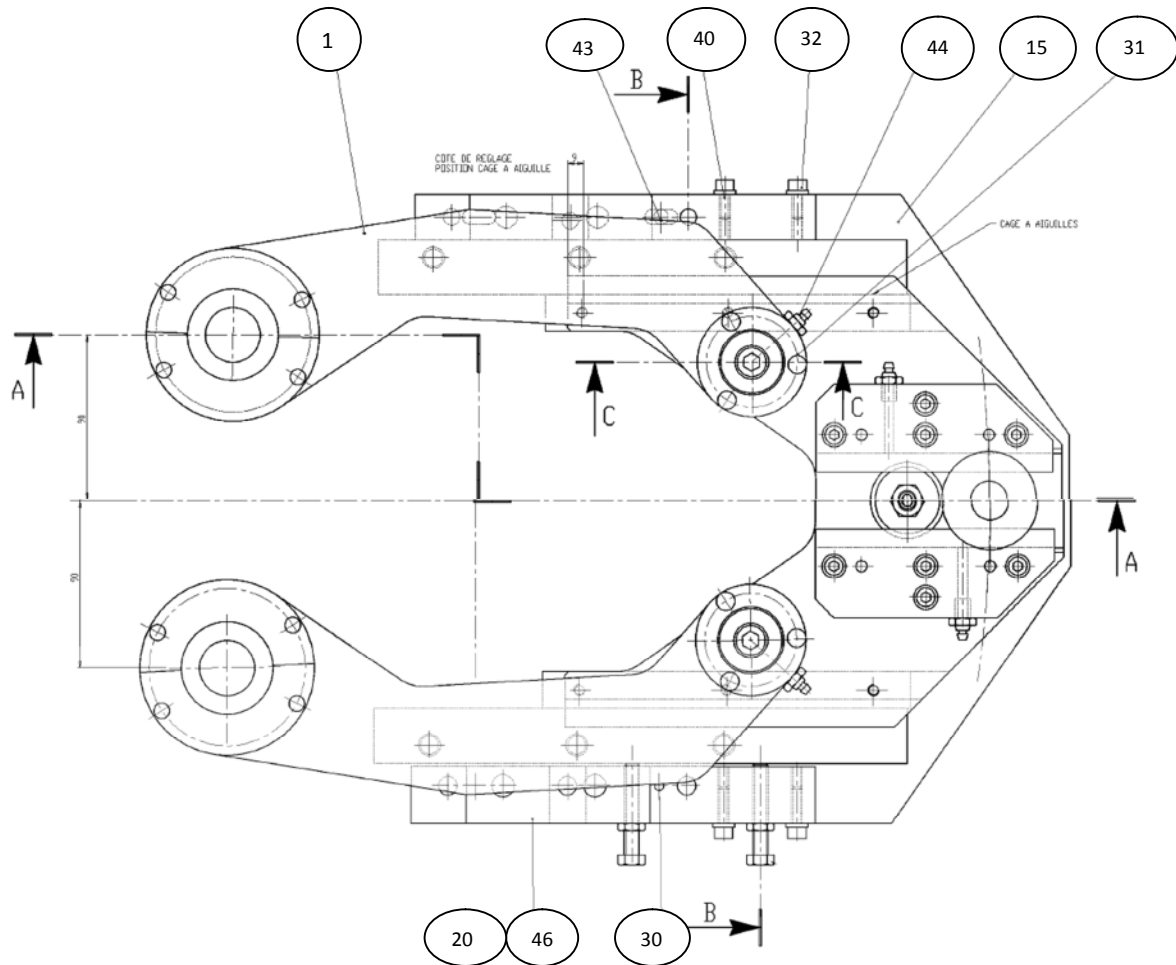


Figure IV.4 commande O/F du moule de la souffleuse SBO4 [2]

- Désignation des composantes de la commande O/F du moule de la souffleuse SBO4 :

Tableau IV.1 Composants de la commande O/F du moule de la souffleuse SBO4 [2]

| N <sup>0</sup> | Désignation      | N <sup>0</sup> | Désignation          |
|----------------|------------------|----------------|----------------------|
| 01             | PAIRE DE BRAS    | 28             | CAGE A AIGUILLES     |
| 02             | COULISSEAU       | 29             | PIECE D'EXTREMITE    |
| 03             | SUPPORT GALET    | 30             | GOUPILLE CYLINDRIQUE |
| 04             | GLISSIERE DROITE | 31             | VIS FHC              |
| 05             | AXE              | 32             | VIS CHC              |

## Chapitre IV    Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

|    |                            |    |                             |
|----|----------------------------|----|-----------------------------|
|    |                            | 33 | VIS CHC                     |
| 07 | AXE DE GALET               | 34 | VIS H M                     |
| 08 | BARRETTE                   | 35 | VIS CHC                     |
| 09 | BARRETTE                   | 36 | VIS CHC                     |
| 10 | CALE                       | 37 | VIS HC                      |
| 11 | ENTRETOISE                 | 38 | ECROU H M                   |
|    |                            | 39 | VIS CHC                     |
| 13 | ENTRETOISE                 | 40 | RONDELLE CS Z 6             |
| 14 | CALE PLIABLE               | 41 | RONDELLE CS Z 8             |
| 15 | BUTEE DE SECURITE          | 42 | VIS CHC                     |
| 16 | GLISSIERE GAUCHE           | 43 | GOUPILLE CYLINDRIQUE        |
| 17 | ROULEMENT A ROTULE         | 44 | GRAISSEUR                   |
| 18 | MANCHON DE SERRAGE         |    |                             |
| 19 | GOUPILLE CYLINDRIQUE       | 46 | SUPPORT BRAS                |
| 20 | VIS FHC                    | 47 | COUVERCLE                   |
|    |                            | 48 | ROTULE GE 25 ES 2RS RADIALE |
| 22 | LIMITEUR D'EFFORT          | 49 | VIS CS                      |
| 23 | GALET A BILLES             | 50 | CALE DE PRESSION            |
| 24 | ANNEAU ELASTIQUE EXTERIEUR | 51 | GRAISSEUR                   |
| 25 | CAPOT                      | 52 | SOUFFLET D'ETANCHEITE       |
| 26 | RAIL DE GUIDAGE            | 53 | COLLIER SERFLEX             |
| 27 | RAIL DE GUIDAGE            |    |                             |



# Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

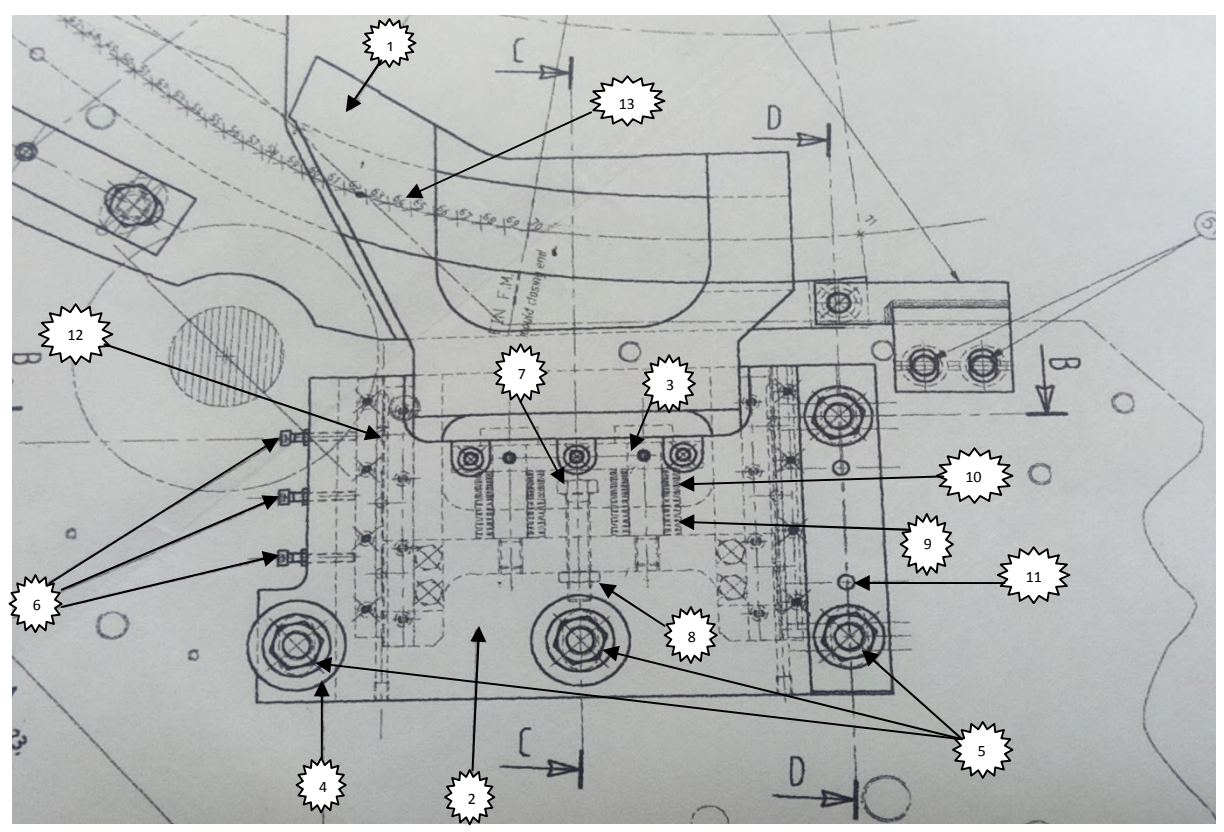
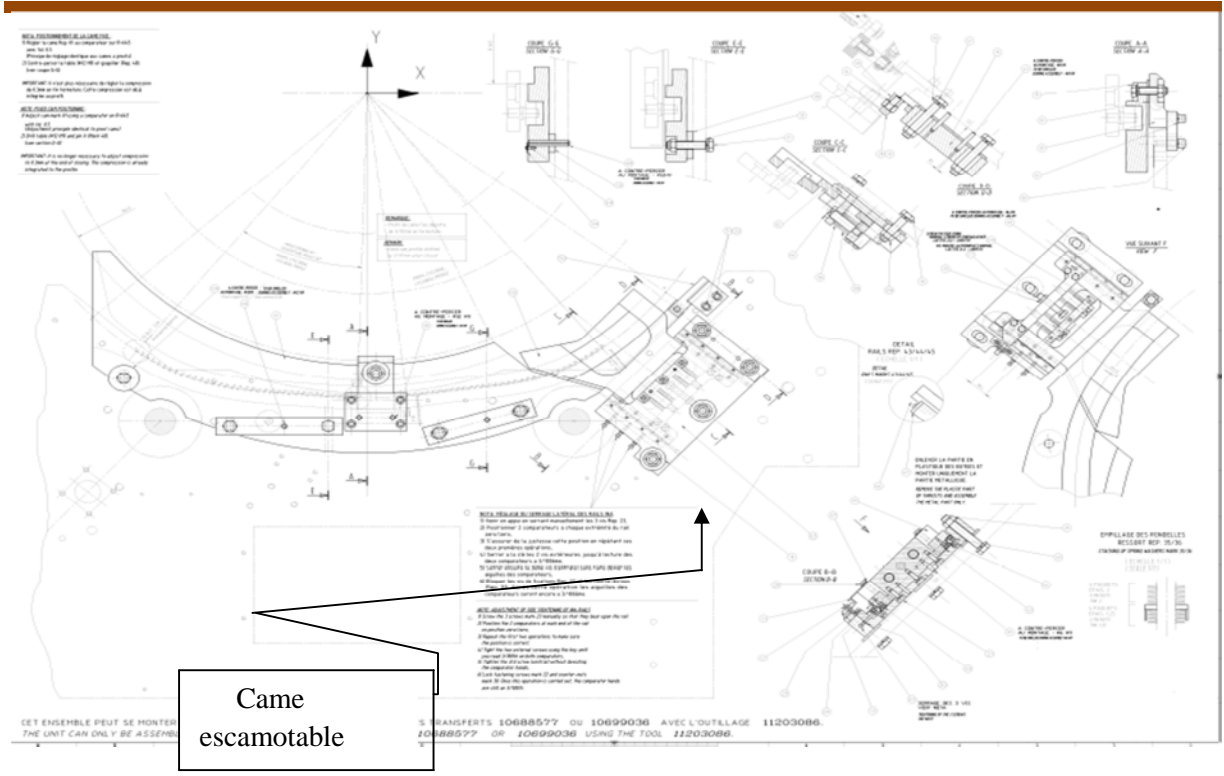


Figure IV.5 la came de commande de la souffleuse SBO 4 [2]

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

| N <sup>0</sup> de composante | Désignation            | N <sup>0</sup> de composante | Désignation             |
|------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 01                           | Came fixe              | 08                           | Ecrou                   |
| 02                           | Embase                 | 09                           | Rondelle ressort e=2.0  |
| 03                           | Buté                   | 10                           | Rondelle ressort e=1.25 |
| 04                           | Rondelle               | 11                           | Goupille                |
| 05                           | Vis                    | 12                           | Rail de guidage         |
| 06                           | Vis de rail de guidage | 13                           | Chemin du galet         |
| 07                           | Vis (buté de sécurité) |                              |                         |

### IV.5.1 Fonctionnement et rôle de la came escamotable :

Le rôle de la came escamotable est la fermeture des moules au moment du passage du galet sur sa trajectoire, dans le cas où le moule est mal fermé c'est-à-dire y'a un mauvais transfert de préformes (présence de bouteille plus la préforme au même temps) il crée des efforts et des chocs au niveau de cette came, les rondelles à ressort les absorbe pour éviter l'endommagement de la came.

- Le rôle de ces rondelles à ressort :
  - Absorber les chocs (amortisseur).
  - Emmagasiner de l'énergie.
  - le maintien de la pièce
  - le rattrapage du jeu progressif
  - la limitation d'effort

### IV.6 Proposition de solution :

D'après le diagnostic et l'analyse du fonctionnement de la came, on a constaté que le cisaillement des axes et de toutes les pièces endommagées, est dû aux efforts et aux chocs que les rondelles à ressort de type Belleville n'ont pas pu absorber correctement, c'est pour cela on propose de modifier ce ressort par un autre ressort de traction plus résistant qui absorbera et emmagasiner efficacement plus de chocs et d'efforts.

#### **IV.6.1 Caractéristiques des ressorts :**

Le ressort est un composant mécanique élastique destiné à se déformer. Chaque fois qu'il est soumis à l'action d'une force, il absorbe l'énergie, il amortit le mouvement et filtrant les vibrations. [10]

Les ressorts sont classés à partir de la sollicitation subie :

- La compression.
- La traction.
- La torsion.
- La flexion.

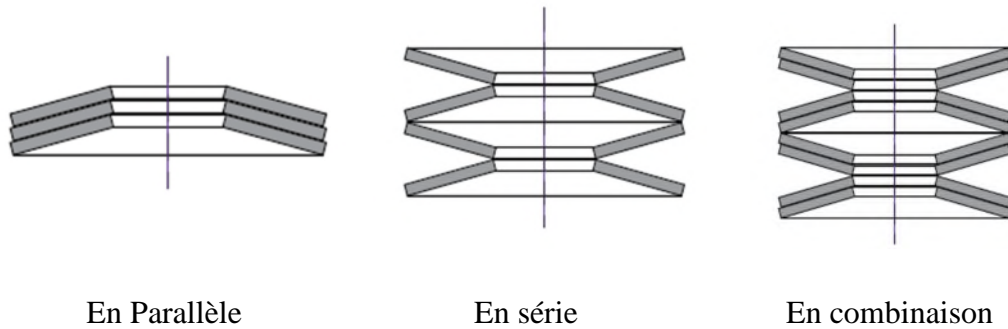
##### **IV.6.1.1 Les rondelles à ressorts type Belleville :**

Rondelles Belleville c'est le type de rondelles utilisé dans la came de la souffleuse SBO4. Ces rondelles ressorts (NF E 25-104) sont utilisées pour constituer des ressorts de compression. Par rapport à des ressorts de compression en fil, la rondelle ressort (rondelle Belleville) a les avantages ci-dessous:

- De forme tronconique, les rondelles ressorts permettent de réaliser simplement et « sur mesure » des ressorts de compression à l'unité ou en petites séries.
- L'utilisation d'empilages est possible : en série, en parallèle ou une combinaison des deux.
- L'utilisateur peut choisir entre plusieurs raideurs et plusieurs déformations.
- Les rondelles ressorts sont faites pour supporter la charge de compression. Ils ont comme caractéristiques :
  - Petite hauteur, ( encombrement réduit )
  - Grande raideur.
  - Relation force / flèche non linéaire. [11]

- **Les types d'empilage de rondelles Belleville :**

Il existe trois types d'empilage :



- **Dimensionnement des rondelles à ressort Belleville :**

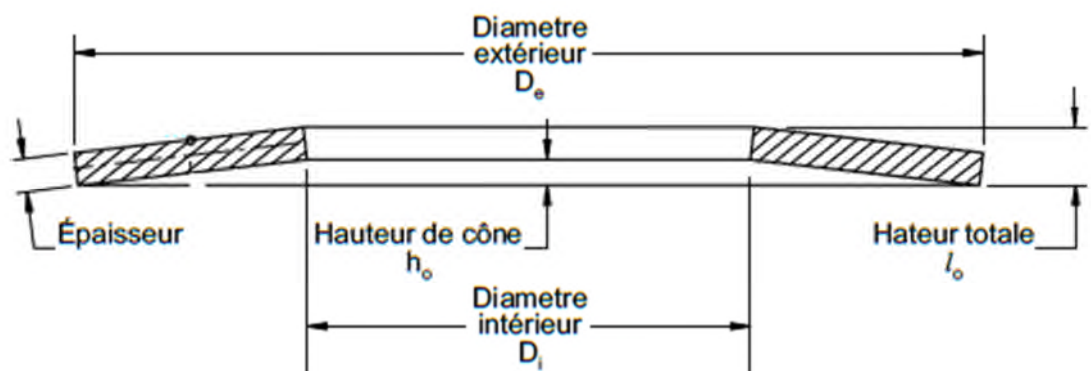


Figure IV.6 Rondelle à ressort type Belleville [12]

$D_i$  : Diamètre intérieur ;  $e$  : épaisseur ;  $l_0$  : hauteur totale

$D_e$  : Diamètre extérieur ;  $h_0$  : la hauteur du cône (la flèche) ;  $l_0$  : Hauteur totale

- **Calcul des rondelles à ressort Belleville :**

Dans ce qui suit nous allons calculer l'effort maxi global supporté par les différentes rondelles Belleville qui sont empilées en série sur 2 rangées en parallèle de 16 rondelles chacun.

La charge supportée par une rondelle, pour une compressions jusqu'au plan c'est-à-dire  
 $f = h_0$  [11]

$$F_C = \frac{4E}{1-\nu^2} * \frac{e^3 * h_0}{K_1 * D_e^2} K_4^2 \quad [11]$$

**F<sub>c</sub>** : La charge supportée en N  
**ν** : coefficient de Poisson. Pour les aciers  $\nu = 0,3$   
**h<sub>0</sub>** : flèche de la rondelle simple en mm  
**e** : épaisseur de la rondelle en mm  
**D<sub>e</sub>** : diamètre extérieur de la rondelle en mm  
**E** : module d'élasticité longitudinale en MPa

Tel que  $K_1$  et  $K_2$  sont des constantes à déterminer.

Notre système est composé de deux ressorts en parallèle de type rondelle Belleville d'un empilage en série, chaque ressort à 16 rondelles huit de série 1 réf. 35.5X 18.3X 2.0 et les huit autres de série 2 de réf. 35.5X 18.3X 1.25 comme il les représente le tableau suivant :

Le matériau des rondelles est un acier inoxydable très dur code –SAE 301 acier très dur (X10CrNi18-8No 1.4310/UNS 30100) ces propriétés mécaniques sont :

$$R_{e0.2} = 250 \text{ Mpa} ; \quad R_m = 620 \text{ Mpa} ; \quad E = 200 * 10^3 \text{ Mpa} \quad [12], [13]$$

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

Le tableau ci-dessous montre les différentes dimensions et charge selon DIN2093, des deux rondelles Belleville installé sur la came escamotable de la souffleuse SBO4 :

Tableau IV.2 : Dimensions et charge admissible [NF.E.25.104] [11], [12]

| Dimensions et charges | Série 1 : $h_0/e = 0.4$ | Série 2 : $h_0/e = 0.8$ |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| De : en mm            | 35.5                    | 35.5                    |
| Di en mm              | 18.3                    | 18.3                    |
| e en mm               | 2                       | 1.25                    |
| $h_0$ en mm           | 0.8                     | 1                       |
| $l_0$ en mm           | 2.8                     | 2.25                    |
| $L_n$ en mm           | 2.2                     | 1.5                     |
| $F_n$ en N            | 5256                    | 1716                    |
| E en MPa              | $200 * 10^3$            | $200 * 10^3$            |

Ou :

De : diamètre extérieur de la rondelle, e : épaisseur de la rondelle.

Di : diamètre intérieur de la rondelle,  $h_0$  : la flèche à vide (hauteur de cône)

$l_0$  : hauteur totale,  $F_n$  : charge supportée.

$L_n$  : longueur de cône sous charge, E : module de Young.

Pour les rondelles avec un support intérieur, les formules pour calculer  $K1$  et  $K4$  sont :  
 Quand la rondelle est installée sur un support intérieur de rondelle, l'épaisseur de rondelle va diminuer. Le rapport des épaisseurs de diminution est entre 0,94 à 0,96 :  
 $e' / e = 0,94$  à  $0,96$  (voir le tableau ci-dessous)

Tableau IV.3 Rapport des épaisseurs de rondelle. [11]

| Modèle de rondelle     | A             | B              | C             |
|------------------------|---------------|----------------|---------------|
|                        | $h_0/e = 0.4$ | $h_0/e = 0.75$ | $h_0/e = 1.3$ |
| Rapport des épaisseurs |               |                |               |
| $e'/e$                 | 0.94          | 0.94           | 0.96          |

Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande  
ouverture / fermeture du moule

$$C_1 = \frac{\left(\frac{e'}{e}\right)^2}{\left(\frac{l_0 - e' + 3}{4e} + \frac{3}{4}\right) * \left(\frac{5 * l_0 - e' + 3}{8 * e} + \frac{3}{8}\right)} \quad C_2 = \frac{C_1}{\left(\frac{e'}{e}\right)^3} * \left[ \frac{5}{32} * \left(\frac{l_0}{e} - 1\right)^2 + 1 \right]$$

$e'$  : épaisseur de rondelle avec support intérieur

$e$  : épaisseur de rondelle sans support intérieur

A.N :

D'après le tableau IV.3 :

$$h_0 = 0.8/2 = 0.4 \text{ pour série 1}$$

$$h_0 = 1/1.25 = 0.8 \text{ pour série 2}$$

Donc :

Les rondelles de série 1 sont de modèle A

Les rondelles de série 2 sont de modèle B

$$e'/e = 0.94$$

- Calcul des constantes ( $K_1, K_4$ ) et ( $C_1, C_2$ ) pour la rondelle de série 1 : [11]

$$C_1 = \frac{\left(\frac{e'}{e}\right)^2}{\left(\frac{l_0 - e' + 3}{4e} + \frac{3}{4}\right) * \left(\frac{5 * l_0 - e' + 3}{8 * e} + \frac{3}{8}\right)}$$

Ou  $e'$  : épaisseur de rondelle avec support intérieur.

$e$  : épaisseur de rondelle sans support intérieur.

$l_0$  : la hauteur totale.

A.N

$$C_1 = \frac{(0.94)^2}{\left(\frac{2.8 - 0.94 + 3}{4 * 2} + \frac{3}{4}\right) * \left(\frac{5 * 2.8 - 0.94 + 3}{8 * 2} + \frac{3}{8}\right)} \quad C_1 = 2.35$$

$$C_2 = \frac{2.35}{(0.94)^3} * \left[ \frac{5}{32} * \left(\frac{2.25}{2} - 1\right)^2 + 1 \right] \quad C_2 = 3.11$$

- Calcul de  $k_1$  et  $k_4$  : [11]

$$K_1 = \frac{1}{\pi} * \frac{\left(\frac{Rd-1}{Rd}\right)^2}{\frac{Rd+1}{Rd-1} - \frac{2}{\ln Rd}} \quad K_4 = \sqrt{-\frac{C_1}{2} + \sqrt{\frac{C_1}{2} + C_2}}$$

- Calcul de  $R_d$  rapport de diamètre

$$R_d = \frac{D_e}{D_i}$$

$$R_d = \frac{35.5}{18.3} = 1.93$$

A.N:

$$K_1 = \frac{1}{\pi} * \frac{\left(\frac{1.93-1}{1.93}\right)^2}{\frac{1.93+1}{1.93-1} - \frac{2}{\ln 1.93}} \quad K_1 = 0.65$$

$$K_4 = \sqrt{-\frac{2.35}{2} + \sqrt{\frac{2.35}{2} + 3.11}} \quad K_4 = 0.94$$

- Calcul des constantes ( $K_1$ ,  $K_4$ ) et ( $C_1$ ,  $C_2$ ) pour la rondelle de série 2 [11]

$$C_1 = \frac{(0.94)^2}{\left(\frac{2.25}{4*2} - 0.94 + \frac{3}{4}\right) * \left(\frac{5}{8} * \frac{2.25}{2} - 0.94 + \frac{3}{8}\right)} \quad C_1 = 6.06$$

$$C_2 = \frac{60.6}{(0.94)^3} * \left[ \frac{5}{32} * \left(\frac{2.25}{2} - 1\right)^2 + 1 \right] \quad C_2 = 15.05$$

$$K_1 = \frac{1}{\pi} * \frac{\left(\frac{1.93-1}{1.93}\right)^2}{\frac{1.93+1}{1.93-1} - \frac{2}{\ln 1.93}} \quad K_1 = 0.65$$

$$K_4 = \sqrt{-\frac{C_1}{2} + \sqrt{\frac{C_1}{2} + C_2}} \quad K_4 = 1.10$$



- Calcul de la charge pour les deux séries :

➤ Pour la rondelle de série 1

La charge supportée  $F_{c1}$  par une rondelle, à une compression jusqu'au plan c'est-à-dire

$$f = h_0 \quad [11]$$

$$F_{c1} = \frac{4E}{1-\nu^2} * \frac{e^3 * h_0}{K_1 * D^2} K_4^2$$

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Fc</b> : La charge supportée                     | en N        |
| <b>v</b> : coefficient de Poisson. Pour les aciers  | $\nu = 0,3$ |
| <b>h<sub>0</sub></b> : flèche de la rondelle simple | en mm       |
| <b>e</b> : épaisseur de la rondelle                 | en mm       |
| <b>De</b> : diamètre extérieur de la rondelle       | en mm       |
| <b>E</b> : module d'élasticité longitudinale        | en MPa      |

Avec :  $K_1 = 0.65$  et  $K_4 = 0.94$

$$F_{c1} = \frac{4 * 2 * 10^5}{1 - 0.3^2} * \frac{2^3 * 0.8}{0.65 * 35.5^2} * 0.94 \quad [11]$$

$$F_{c1} = 7886.71 \text{ N}$$

Pour la rondelle série 2 La charge supportée  $F_{c2}$ , à une compression jusqu'au plan c'est-à-dire

$$f = h_0 \quad [11]$$

Avec :  $K_1 = 0.65$  et  $K_4 = 1.10$

$$F_{c2} = \frac{4 * 2 * 10^5}{1 - 0.3^2} * \frac{1.25^3 * 1}{0.65 * 35.5^2} * 1.1$$

$$F_{c2} = 2305.6 \text{ N}$$

D'après le catalogue HPC on a trouvé que ces rondelles peuvent supporter une charge de compression  $F_n$ , comme suit :

Pour les rondelles de 2 mm  $F_n = 5256 \text{ N}$ .

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

Pour les rondelles de 1.25 mm  $F_n = 1716$  N.

- Calcul du rapport des charges de chacune de ces rondelles : [11]

Rondelle de série 1 :

Avec :  $e = 2$  mm ;  $h_0 = 0.8$  mm

$$\frac{F_n}{F_{c1}} = \frac{5256}{7886.71} = 0.66$$

$$\frac{h_0}{e} = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

Rondelle série 2 :

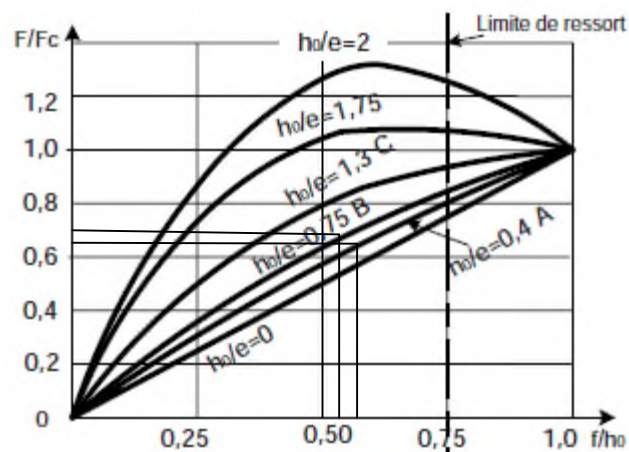
Avec  $e = 1.25$  mm ;  $h_0 = 1$  mm

$$\frac{F_n}{F_{c1}} = \frac{1716}{2305.6} = 0.74$$

$$\frac{h_0}{e} = \frac{1}{1.25} = 0.8$$

En utilisant la courbe caractéristique des rondelles à ressort, nous obtenons :

Le rapport de la flèche sous charge par rapport à la hauteur du cône  $h_0$  par un rapport de charges donné et pour un rapport de hauteur de cône sur l'épaisseur donnée.



## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

Figure IV. 7 Courbe caractéristique des rondelles ressorts [11]

Rondelle de série 1 :

$$\text{On a : } h_0/e = 0.4 \text{ et } F_n / F_{c2} = 0.66 \text{ où : } h_0 = 0.8\text{mm}, \quad e = 2 \text{ mm}$$
$$f_1/h_0 = 0.54 \qquad f_1 = 0.8*0.54 \qquad f_1 = 0.43 \text{ mm}$$

Donc la déformation de chaque rondelle de série 1 est de 0.43 mm.

Rondelle de série 2 :

$$\text{On a : } h_0/e = 0.8 \text{ et } F_n / F_{c2} = 0.74 \text{ où : } e = 1.25 \text{ mm} \quad ; \quad h_0 = 1 \text{ mm}$$

$$f_2/h_0 = 0.58 \qquad f_2 = 1*0.58 = 0.58 \text{ mm}$$

Donc la déformation de la rondelle série 2 est de 0.58 mm.

- Calcul de la hauteur totale des rondelles empilées du ressort libre (ressort libre sans charge) :

$$H = n * l_0 \text{ [11]}$$

n : nombre de rondelles ;  $l_0$  : la hauteur initiale de chaque rondelle

Dans notre système le ressort est composé de 16 rondelles, d'un empilage en série :

- 8 rondelles série 1 d'épaisseur de 2mm et de hauteur  $l_0 = 2.8 \text{ mm}$
- 8 rondelles série 2 d'épaisseur de 1.25 mm et de hauteur  $l_0 = 2.25 \text{ mm}$

$$H_{\text{total}} = (n * l_{01}) + (n * l_{02})$$

AN:

$$H_{\text{total}} = (8 * 2.8) + (8 * 2.25)$$

$$H_{\text{total}} = 22.4 + 18$$

$$H_{\text{total}} = 40.4 \text{ mm}$$



- Calcul de la flèche totale sous charge des rondelles empilées

$$H_{\text{sous charge}} = H_1 + H_2$$

Ou :

$H_1$ : la flèche sous charge des rondelles de série 1

$H_2$ : la flèche sous charge des rondelles de série 2

$$H_1 = h - (n * f_1)$$

$$H_1 = 22.4 - (8 * 0.6) = 18.96 \text{ mm}$$

$$H_2 = h - (n * f_2)$$

$$H_2 = 18 - (8 * 0.58) = 13.36 \text{ mm}$$

Avec :  $f_1$  et  $f_2$  les déformations ou flèches de chacune des rondelles à ressort.

Donc la déformation totale du ressort sous charge de  $F=5256\text{N}$  pour les rondelles série 1 et la déformation totale des rondelles de série 2 sous charge  $F=1716\text{N}$  est de :

$$H_{\text{sous charge}} = 18.96 + 13.36 = 32.32 \text{ mm}$$

$$H_{\text{total déformé}} = H_{\text{initial}} - H_{\text{sous charge}}$$

$$H_{\text{total déformé}} = 40.4 - 32.32 = 8.08 \text{ mm}$$

La flèche totale sous charge est de 8.08 mm.

- Calcul des raideurs des ressorts

Pour la rondelle série 1 :

$$\text{Avec : } e = 2 \text{ mm} ; D_e = 35.5 \text{ mm} ; l_0 = 2.8 \text{ mm} ; h_0 = 0.8 ; K_1 = 0.65$$

$$K_4 = 0.94$$

Ou

$e$  : épaisseur ;  $l_0$  : la longueur initiale ;  $K_1$  et  $K_2$  : les rapports

$D_e$  : diamètre extérieur ;  $h_0$  : la flèche

$$K = \frac{4E}{1-\nu} * \frac{e^3}{K_1 * D^2} * K_4^2 * \left\{ K_4^2 * \left[ \left( \frac{l_0}{e} \right)^2 - 3 \frac{l_0}{e} * \frac{h_0}{e} + \frac{3}{2} * \left( \frac{l_0}{e} \right)^2 \right] + 1 \right\} \quad [11]$$

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

---

$$K_1 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^5}{1-0.3} * \frac{2^3}{0.65 \cdot 35.5^2} * 0.94^2 * \left\{ 0.94^2 * \left[ \left( \frac{2.8}{2} \right)^2 - 3 \frac{2.8}{2} * \frac{0.8}{2} + \frac{3}{2} * \left( \frac{0.8}{2} \right)^2 \right] + 1 \right\}$$

$$K_1 = 14384.3 \text{ N/mm}$$

Pour la rondelle série 2 :

Avec :  $e = 1.25 \text{ mm}$  ;  $De = 35.5 \text{ mm}$  ;  $l_0 = 2.25 \text{ mm}$  ;  $h_0 = 1$   $K_1 = 0.65$

$$K_4 = 1.1$$

A.N :

$$K_2 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^5}{1-0.3} * \frac{1.25^3}{0.65 \cdot 35.5^2} * 1.1^2 * \left\{ 1.1^2 * \left[ \left( \frac{2.25}{2} \right)^2 - 3 \frac{2.25}{2} * \frac{1}{2} + \frac{3}{2} * \left( \frac{1}{2} \right)^2 \right] + 1 \right\}$$

$$K_2 = 2662.67 \text{ N/mm}$$

- Calcul de la raideur du ressort sachant que les rondelles sont empilées en série  
Les 8 rondelles en série 1 : **[14]**

$$K = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_8}} \quad k_1 = k_2 = \dots = k_8$$

$$\text{Donc } K = \frac{1}{8 \cdot K_n} \quad k_n = k_1 + k_2 + \dots + k_8$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{14384.3} = 0.000069 \text{ N/mm}$$

Donc K total des 8 rondelles 1 est de :

$$k = \frac{1}{8 \cdot 0.00006} = 1811.59 \text{ N/mm}$$

Les 8 rondelles de série 2 :

La raideur d'une rondelle est de :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{2662.67} = 0.00037 \text{ N/mm}$$

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

---

Pour les 8 rondelles on a :  $K_1 = K_2 = \dots = K_8$

Donc : 
$$K_2 = \frac{1}{8 \cdot 0.00037} = 337.83 \text{ N/mm}$$

Pour tous les ressorts avec 16 rondelles en série (K1 et K2 empilées en série) :

La raideur K du ressort est de : **[14]**

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}}$$

A.N :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1811.59} + \frac{1}{337.67}}$$

Pour chacun de ces deux ressorts  $K = 265.32 \text{ N/mm}$

- Calcul de la raideur des deux ressorts en parallèle :

$$K_{\text{total}} = 2 * K$$

$$K_{\text{total}} = 2 * 265.32$$

$$K_{\text{total}} = 530.64 \text{ N/mm}$$

- Détermination de la charge appliquée sur les deux ressorts :

L'effort supporté par les ressorts est lié à leurs allongements.

Le rapport est :

$$F = K * y \quad \text{[14]}$$

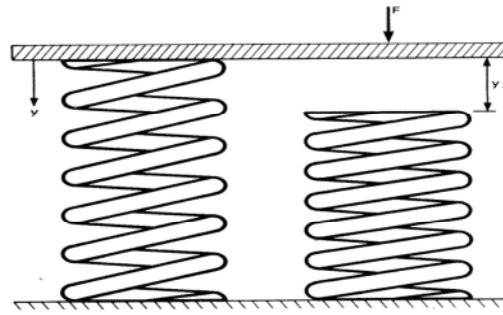


Figure IV.8 Ressort en parallèle sous charge F

Avec :

F : force appliquée

en N

K : raideurs des ressorts

en N/mm

Y : allongement ou raccourcissement des ressorts suivant la direction de y

en mm

La déformation totale des deux ressorts sous la charge F est de 8.08 mm

Donc :

$$F = 530.64 * 8.08 ; F=1716N$$

$$F = 4287.57 N$$

Puisque il ya deux ressorts donc la force est repartie en deux ce qui veut dire que  $F_1 = \frac{F}{2}$

$$F_1 = \frac{4287.57}{2}$$

$F_1 = 2143.78 N$ , c'est la force maximale appliquée sur une seule colonne-ressort

Donc, même la course maximale se divise en 2. Alors chaque colonne-ressort se rétrécit de 4.04 mm.

C'est pour cela qu'on a proposé un ressort qui donnera à la came l'allongement nécessaire pour emmagasiner et absorber le maximum d'efforts avec la même charge que reçoit les deux colonnes-ressorts, Parmi les caractéristiques des ressorts disponible. On à opté pour un ressort hélicoïdal cylindrique de traction.

Ces ressort sont habituellement exécutés en fil rond et a spire jointive. Le métal est sollicité à la torsion pour la partie active, et en flexion et torsion sur une portion de l'attache. La forme de l'attache dépend de la nécessité d'accrochage (la forme la plus économique



Correspond à celle d'une spire relevée). Le ressort hélicoïdal de traction est fait pour supporter la charge de traction, et ils peuvent avoir des attaches différentes. [10]

Sachant que l'emplacement de ce ressort ne sera pas à la place des rondelles Belleville parce que c'est un ressort de traction, par contre les rondelles travaillent en compression.

#### IV.6.1.2 Les ressorts hélicoïdaux cylindriques de traction :

- Dimensionnement du ressort proposé :

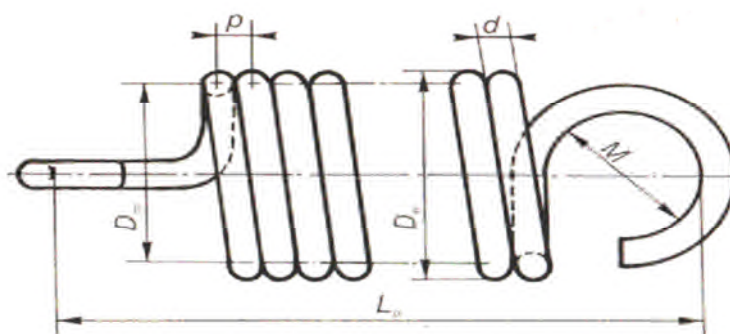


Figure IV.9 Ressort de traction type cylindrique hélicoïdal [9]

$D_i$  : Diamètre intérieur ;  $d$  : Diamètre du fil ;  $l_0$  : Longueur libre

$D_e$  : Diamètre extérieur ;  $p$  : Pas ;  $M = D_e - 2d$  ;  $N$  : Nombre de spire

- Diamètre moyen du ressort

$$D = \frac{D_e + D_i}{2}$$

$D$  : diamètre moyen du ressort en mm

$D_e$  : diamètre extérieur du ressort en mm

$D_i$  : diamètre intérieur du ressort en mm

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

---

Comme le ressort travaille en quasi statique le choix du matériau est un acier inoxydable de matière corde à piano inox selon DIN 17224, inox commercial recuit 302 [12]. Et selon– NF EN 10.270-3 : le Fil inox pour ressorts a les propriétés mécanique suivantes :

$$\tau = 700 \text{ MPa}$$

$$R_m = 515 \text{ MPa}$$

$$R_e = 205 \text{ MPa}$$

On propose :  $D_e = 40 \text{ mm}$

$$L_0 = 190 \text{ mm}$$

$\tau$  : la limite de contrainte de cisaillement en MPa

$R_m$  : la résistance a la traction en MPa

$R_e$  : la limite d'élasticité en MPa

Extrémités du ressort : position des crochets en boucles allemande avec un degré de  $270^0$  et l'autre  $180^0$

- Calcul du diamètre du fil (d) : [11]

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot D_e \cdot F}{\pi \cdot \tau}}$$

$D_e$  : diamètre extérieur en mm

$F$  : la force appliqué en N

$\tau$  : la limite de contrainte de cisaillement en MPa

A.N:

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 40 \cdot 2143.78}{\pi \cdot 700}}$$

$$d = 6.78 \approx 7 \text{ mm}$$

- Calcule de diamètre moyen du ressort : [11]

$$D = \frac{D_e + D_i}{2} = D_e - d = D_i + 2 \cdot d$$

A.N :

$$D = D_e - d$$

$$D = 40 - 7$$

$$D = 33 \text{ mm}$$

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

---

D : diamètre moyen du ressort en mm

De : diamètre extérieur du ressort en mm ; d : diamètre du fil du ressort en mm

Di : diamètre intérieur du ressort en mm

- Calcul de la Tension initiale [14]

$$\begin{aligned}\tau_{0 \max} &= \left(0.075 - 0.00375 * \frac{D}{d}\right) * R_m \\ &= \left(0.075 - 0.00375 * \frac{33}{7}\right) * 515 = 29.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Afin de faire un ressort facilement réalisable, on prend 80% de cette valeur :

$$\tau_{0 \max} = \tau_0 * 80\% = 29.6 * 0.8 = 23.7 \text{ N/mm}^2$$

Donc  $F_0$  (la pré-charge) est calcul comme suite :

$$F_0 = \frac{\pi * d^3 * \tau_0}{8 * D * k}$$

$k'$  : Facteur de rapport du diamètre

$$k' = \frac{\frac{D}{d} + 0.5}{\frac{D}{d} - 0.75}$$

D : diamètre moyen du ressort en mm

D: diamètre de fil en mm

A.N :

$$k' = \frac{\frac{33}{7} + 0.5}{\frac{33}{7} - 0.75}$$

$$k' = 1.31$$

Donc :  $F_0 = \frac{\pi * 7^3 * 23.7}{8 * 33 * 1.31} = 73.8 \text{ N}$

- Calcul de la raideur du ressort K : [11]

Sachant qu'on a trouvé l'effort maximal et la pré-charge appliquée sur les rondelles dans la partie précédente

F : l'effort maximal  $F = 2143.78 \text{ N}$

$F_0$  : la pré-charge  $F_0 = 73.8 \text{ N}$

Donc :

$$K = \frac{F-F_0}{L-L_0} = \frac{2143.78-73.8}{200-190} = 206.99 \text{ N/mm}$$

- Longueur du corps : les crochets ont 42 mm chacun donc  $L_k$  longueur du corps est de 105 mm

$$L_k = (n+1) \cdot d$$

$$n = \frac{L_k}{d} - 1 \quad [11]$$

A.N :  $n = \frac{105}{7} - 1 = 14$  spires

Avec :

$L_k$  : longueur du corps en mm

$n$  : nombre de spires actives

$d$  : diamètre du fil en mm

- La force supportée par le ressort :

$$F = K \cdot y$$

$$F = 2143.78 \text{ N}$$

$$K = 206.99 \text{ N/mm}$$

$y$  : est la course de ressort en traction

$$y = \frac{F}{K}$$

A.N :

$$y = \frac{2143.78}{206.99} = 10.35 \text{ mm}$$

C'est la course idéale pour la translation de la came (sans chocs)

- Flèche du ressort  $f$  :

$$f = \frac{8n \cdot D^3 (F-F_0)}{G \cdot d^4}$$

A.N :

$$f = \frac{8 * 14 * 33^3 * (2143.78 - 73.8)}{70000 \cdot 7^4} = 49.57 \text{ mm}$$

Avec :

## Chapitre IV Analyse des causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule

---

D : diamètre moyen du ressort en mm

d: diamètre du fil en mm

n : nombre de spires actives

F : charge supportée par le ressort de traction en N

F<sub>0</sub> : pré-charge du ressort en N

K : raideur du ressort en N/mm

G : module d'élasticité transversale (module de Coulomb) en N/mm<sup>2</sup>

- Nombre de spires actives

$$n = \frac{G*d^4}{8*K*D^3} \quad [12]$$

Ou :

G: module d'élastique transversal (module de Coulomb) en MPa (N/mm<sup>2</sup>)

K: raideur du ressort en N/mm

d : diamètre du fil en mm

D : diamètre moyen du ressort en mm

A.N :

$$n = \frac{70000*7^4}{8*206.99*33^3} \quad n = 2.82 \approx 3 \text{ spires actives}$$

- Caractéristiques techniques du ressort recommandé

| Caractéristiques                  | Dimensions et charges              |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Matériau                          | corde à piano inox selon DIN 17224 |
| Longueur libre                    | 190 mm                             |
| Longueur maximum d'allongement    | 239.57 mm                          |
| Diamètre extérieur D <sub>e</sub> | 40 mm                              |
| Diamètre intérieur D <sub>i</sub> | 26 mm                              |
| Diamètre de fil d                 | 07 mm                              |
| Nombre de spires n                | 14                                 |
| Tension initial                   | 73.8 N                             |
| Boucle                            | allemande                          |
| Fleche de ressort f               | 49.57 mm                           |
| Raideur de ressort K              | 206.99 N/mm                        |

- **Dimensionnement de la vis de réglage :**

Choix du matériau : acier inoxydable austénitique

Pour la fabrication des éléments de fixation en acier inoxydable selon la NF E 25-033/ NF A35-602/ NF 10088 -1 NF EN 10095 / DIN 267 Teil 11 on a trouvé l'acier A4 (A : code commerciale) avec sa désignation française Z6C NDT 17-12 et sa désignation Allemande X6 Cr Ni Mo Ti 17-12-2 [15]

Avec ces caractéristiques mécaniques suivantes : [13]

$R_e = 216 \text{ Mpa}$  la limite d'élasticité

$R_m = 490 \text{ Mpa}$  la résistance à la traction.

$E = 193$  module de Young

- Calcul de la résistance pratique  $R_{pe}$  :

$R_{pe} = R_e / s$  s : le coefficient de sécurité  $s = 4$ .

A.N  $R_{pe} = 216 / 4$

$R_{pe} = 54 \text{ Mpa}$

- Déterminons le diamètre de la vis :

On a:  $\sigma = \frac{F}{A}$   $A = \frac{\pi d_0^2}{4}$

Où F: la force appliqué.

A: la section

Donc :

$$\frac{F}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \leq R_{pe}$$

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi R_{pe}}}$$

A.N :

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2143.78}{\pi \cdot 54}}$$

$$d_0 \geq 7.10 \text{ mm}$$

Comme  $d_0 = 0.8 d$

$$d = \frac{d_0}{0.8} \quad \text{donc } d = 8.87 \text{ mm}$$

Où :

$d_0$ : diamètre du fond de filet.

$d$ : diamètre nominale de la vis.

On prend un diamètre normalisé  $d = 12 \text{ mm}$

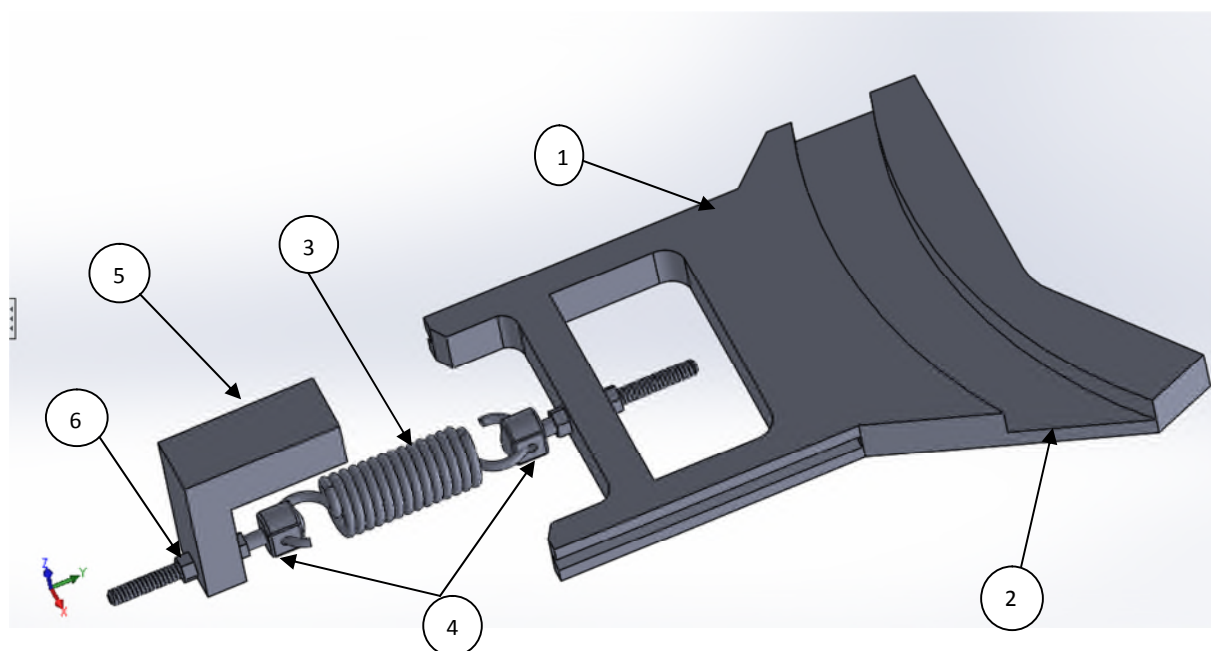
La longueur de la vis  $l = 110 \text{ mm}$ .

La longueur fileté de la vis  $x = 100 \text{ mm}$ .

#### IV.7 Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, nous avons diagnostiqué les causes de défaillance du système de commande ouverture / fermeture du moule et nous avons conclu que le problème réside dans le fait que les rondelles Belleville utilisées ne fonctionnent pas correctement c'est-à-dire leurs flèche en charge maximale est de 4.04 mm ce qui est insuffisant pour absorber les chocs qui sont responsables du cisaillement des axes et des vis de fixation de la came. On a opté pour un ressort qui va travailler en traction et qui aura pour rôle d'absorber et d'amortir la charge appliquée.

Nous avons dimensionné le ressort qui remplacera les rondelles Belleville et qui sera placé à un autre endroit de telle façon à éliminer l'effort de cisaillement des axes et des vis. (Voir le dessin de la nouvelle conception ci-dessous)



1 : la came ; 3 : ressort hélicoïdal cylindrique de traction ; 5 : support.

2 : passage du galet ; 4 : vis de réglage ; 6 : écrou.

Notre proposition a été mise en pratique et on a constaté que le système travaille correctement et on a pu même augmenter la cadence de production sans noter aucun arrêt de production ce qui était très fréquent avant notre étude.



# Bibliographie

[1] Document CEVITAL

[2] Document constructeur NOTICE TECHNIQUE

[3] Thèse de Doctorat Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants

[4] Jeng-Heng, Jean Pratique de la maintenance preventive \_ mecanique, pneumatique, hydraulique, AelectricitAe, froid-Dunod (2002)\_2

[5] Document service maintenance cevital

[6] Cours stratégie de maintenance Albert Einstein

[7] LAURENS Jérémy, << Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de Production pharmaceutique >>.Thèse de doctorat, université de Joseph Fourier de GRENOBLE, France(2011)

[8] Historique des pannes document service maintenance cervical

[9] H-Longeot L-Jourdan dunod 1982 construction industrielle collection

[10] Chevalier guide du dessinateur industrielle

[11] Youde Xiong - Formulaire de mécanique -Pièces de constructions G11918, 2006.

[12] Tome1 éléments mécanique HPC mars 2009

[13] Michel Colombié matériaux métallique 2eme édition L'usine nouvelle Dunod, Paris, 2001, 2008 ISBN 978-2-10-053918-5.

[14] Gilbert Drouin ; Michel Gou ; Pierre Thiry ; Robert Vinet Eléments de machines – deuxième édition revue et augmentée – 544 pages éditions de l'école poly technique de Montréal 1986.

[15] Information – technique sur les aciers inoxydables