

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 : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR :

MEHANA RACHID

KHIARI MOULOUD

Thème

**Etude technologique de la presse de soudure d'une conditionneuse
de yaourt ERCA EF-320, avec une amélioration**

Soutenu le 29/06/2019

Encadré par :

Mr : Dr. Belamri

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2018-2019

SOMMAIRE

Historique.....	1
Laiterie DJURDJURA.....	1
Situation géographique.....	2
Introduction générale.....	3
CHAPITRE I : Généralité sur la conditionneuse de yaourt ERCA	
I Introduction.....	4
I. 1 Problématique	5
I. 2 Nomenclature de la machine	6
I.2.1 Caractéristiques techniques.....	7
I.2.2 Fonctionnement de la machine (EF-320).....	7
I.3 Les opérations effectuées par la machine	8
I.3.1 Déroulement plastique	8
I.3.1.1 Rôle de dérouleur	8
I.3.1.2 Principe de fonctionnement.....	8
I.3.2 Le tirage	8
I.3.2.1 Principe de Fonctionnement.....	9
I.3.3 L'aspirateur	9
I.3.4 Le chauffage.....	9
I.3.4.1 Rôle de chauffage.....	9
I.3.4.2 Principe de fonctionnement du chauffage.....	10
I.3.5 Le formage de plastique.....	10
I.3.5.1 Rôle de formage	10
I.3.6 Dosage de produit	10
I.2.6.1 Fonctionnement du doseur	11
I. 3.7 Déroulement bobine opercule	11
I.3.8 Marquage et encrage	12
I.3.8.1 Le fonctionnement du marquage et encrage	12
I.3.9 Soudure	13
I.3.9.1 Principe de fonctionnement.....	13
I.3.10 Découpage et pré découpage	14
I.3.10.1 Principe de fonctionnement de découpage	14
I. 3.11 Tirage en coupe déchets.....	15

I.3.12 Tapis de sortie	15
I.3.12.1 Principe de fonctionnement	15
CHAPITRE II : Etude et conception des clavettes	
II Introduction	16
II.1 Les clavettes	16
II.1.2 Clavetage	16
II.1.3 Classification du clavetage	17
II.1.3.1 Clavetage transversal	18
II.1.3.2 Clavetage tangentiel.....	18
II.1.3.3 Clavetage longitudinal.....	20
II.1.3.3.1 Clavetage longitudinal forcé.....	20
II.1.3.3.2 Clavetages longitudinal libre.....	22
II.1.4 Clavetage par clavettes parallèles.....	25
II.1.4.1 Définition du clavetage parallèle.....	25
II.1.4.2 Clavettes parallèles ordinaires.....	26
II.1.4.2.1 Cotation de l'arbre et du moyeu des clavettes parallèles ordinaires	28
II.1.4.2.2 Forme des rainures des clavettes parallèles ordinaires:	29
II.1.4.3 Clavette parallèle fixée par vis	29
II.1.4.4 Clavette disque	31
II.1.4.5 Détermination d'une clavette parallèle	32
II.1.4.6 Longueur de contacte clavette /moyeu	33
II.1.4.7 Calcul d'une clavette	34
II.2 Généralité sur les aciers.....	36
II.2.1 Définition de l'acier.....	36
II.2.2 Classification des aciers.....	36
II.2.2.1 Aciers alliés	36
II.2.2.2 Aciers non alliés	37
II.2.3 La fiche technique de l'acier 42Cr Mo 4.....	38
II.2.3.1 Normalisation.....	38
II.2.3.2 Caractéristiques.....	38
II.2.3.3 Domaines d'applications	38
II.2.3.4 Composition chimique en % [12].....	38
II.2.3.5 Caractéristiques mécaniques moyennes [12].....	39

II.3 Les traitements thermiques des aciers.....	39
II.3.1 Définition.....	39
II.3.2 Traitements thermiques dans la masse	39
II.3.2.1 La trempe de l'acier	39
II.4.1 Définition	41
II.4.2 Choix du logiciel utilisé pour la simulation.....	41
II.4.3 Le logiciel SolidWorks	41
II.4.3.1 Fonctionnement	41
II.4.4 La simulation numérique	41
II.4.4.1Présentation de la simulation numérique.....	42
II.4.4.2 Les étapes à suivre pour notre étude de simulation.....	42
II.4.5 Analyse des résultats de simulation.....	42

CHAPITRE III : Amélioration apportée

III INTRODUCTION.....	47
III.1 Préparation de l'échantillon.....	47
III.1.1 Le découpage	47
III.1.2 Le fraisage.....	48
III.1.3 Le meulage.....	48
III.2 Exécution de traitement thermique	49
III.2.1 La trempe	49
III.3 Le Polissage.....	50
Conclusion générale	53

Liste des figures

Figure 1. Le plan géographique de DANONOE DJURDJURA.....2

CHAPITRE I : Généralité sur la conditionneuse du yaourt ERCA

Figure I.1. Photo de la machine ERCA.....4

Figure I.2. Conditionneuse EF-320.....6

Figure I.3. Dérouleur plastique.....8

Figure I.4. Tirage pinces ouverts.....9

Figure I.5. Tirage pinces fermés.....9

Figure I.6. Cycle de formage.....10

Figure I.7. Doseur de produit.....11

Figure I.8. Déroulement de film opercule.....12

Figure I.9. Position repos.....12

Figure I.10. Marquage.....12

Figure I.11. La presse de soudure.....13

Figure I.12. La presse de découpe.....14

Figure I.13. Tirage en coupe déchets.....15

CHAPIYTRE II : Etude et conception des clavettes

Figure II.1. Clavetage.....17

Figure II.2. Types de clavetages.....17

Figure II.3. Clavetage transversal.....18

Figure II.4. Clavetage tangentiel.....18

Figure II.5. Clavette ronde.....19

Figure II.6. Clavette vélo.....19

Figure II.7. Clavettes inclinées.....20

Figure II.8. Clavette inclinée sans talon.....21

Figure II.9. Clavette inclinée à talon.....21

Figure II.10. Les clavettes parallèles ordinaires.....22

Figure II.11. Clavette parallèle fixée par vis.....22

Figure II.12. Clavette disque et clavette bateau.....23

Figure II.13. Maintien par vis.....24

Figure II.14. Maintien par écrou.....	24
Figure II.15. Rainure exécutée à la fraise-doigt	25
Figure II.16. Rainure exécutée à la fraise-disque.....	25
Figure II.17. Clavettes parallèles ordinaires.....	26
Figure II.18. Clavette parallèle fixée par vis.....	30
Figure II.19. Clavette disque.....	31
Figure II.20. Clavette parallèle.....	33
Figure II.21. Cycle thermique de trempe.....	40
Figure II.22. Les processus de simulation.....	42
Figure II.23. Les déplacements imposés.....	43
Figure II.24. Application du chargement.....	43
Figure II.25. Propriété de l'acier 42CrMo4.....	44
Figure II.26. Création du maillage type standard sur l'ensemble de la pièce étudiée, à gauche de la figure les caractéristiques du maillage sur le logiciel SolidWorks.....	44
Figure II.27. Distribution du coefficient de sécurité obtenu dans l'ensemble de la pièce, après exécution du calcul.....	45
Figure II.28 Distribution du champ de contrainte dans l'ensemble de la pièce, après exécution du calcul.....	46
 CHAPITRE III : Amélioration apportée	
Figure III.1. Photo d'une scie.....	47
Figure III.2. Barres d'acier disponible au hall technologie.....	48
Figure III.3. Fraiseuse FV 1.6 de hall technologie.....	48
Figure III.4. La meuleuse.....	49
Figure III.5. Photos du four des traitements thermiques au hall de technologie.....	49
Figure III.6. Bassin à l'huile.....	50
Figure III.7. Photo d'une polisseuse METASERV 2000.....	50
Figure III.8. Photo d'un palmer.....	51
Figure III.9. Pièce final (la clavette parallèle).....	51
Figure III.10. L'état de la clavette durant 168h de travail.....	52

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Généralité sur la conditionneuse du yaourt ERCA

Tableau I.1. Les caractéristiques techniques de la machine.....	7
---	---

CHAPITRE II : Etude et conception des clavettes

Tableau II.1. Dimensions des clavettes vélo.	20
Tableau II.2. Dimensions des clavettes inclinées à talon.	21
Tableau II.3. Types des clavettes parallèles ordinaires.	26
Tableau II.4. Dimensions des clavettes parallèles ordinaires.	27
Tableau II.5. Ajustement arbre/moyeu.	28
Tableau II.6. Ajustement arbre/clavette et clavette/moyeu.	28
Tableau II.7. Forme des rainures des clavettes parallèles ordinaires.....	29
Tableau II.8. Clavette parallèle fixée par vis.	29
Tableau II.9. Dimensions des clavettes parallèles fixées par vis.	30
Tableau II.10. Dimensions et tolérances des clavettes disques.	32
Tableau II.11. Pression admissible.....	33
Tableau II.12. Les normes de l'acier 42 Cr Mo 4.	38
Tableau II.13. Composition chimique de l'acier 42 Cr Mo 4.....	38
Tableau II.14. Caractéristique mécanique de l'acier 42 Cr Mo 4.	39
Tableau II.15. Détails du maillage.	45

Historique

L'entreprise des frères Batouche a démarré d'abord à Ighzer Amokrane en 1984 avec la création d'une petite unité de fabrication de 1000 pots de yaourt par heure sous le non de Djurdjura pour passer en 1986 à 4000 pot/heure après l'acquisition d'une conditionneuse thermo formeuse . En 1988 l'entreprise se voit dotée d'un atelier de fabrication du fromage fondu et camembert, et c'est en 1991 que fut l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert. En 1993, une nouvelle conditionneuse est arrivée avec une capacité de production de 9000p/h. Deux ans plus tard l'entreprise Djurdjura augmente sa production suite à l'acquisition de 2 conditionneuse 1200p/h et 5000p/h et une remplisseuse de 7000p/h. En 1998 profitant de la création de la zone industrielle d'akbou, le groupe batouche inaugure sa nouvelle unité. en 2001, le leader mondial du produit laitier frais (groupe Danone) a conclu un accord de partenariat avec la laitier Djurdjura, leader du marché algérien des produits laitiers frais (PLF), prenant une participation de 51% dans la société (DANONE DJURDJURA ALGERIE). Après l'année 2001 consacrée a rénové le site d'akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaire à l'extension future, la marque DANONE a été lancée en aout 2002.

Laiterie DJURDJURA

La laiterie a connu des évolution depuis sa création en 1984 c'est dans cette même année que munit dans l'esprit du la famille BATOUCHE l'idée de création d'une petite unité de fabrication de yaourt dans la région d'IGHZER AMOKRANE avec des moyens très restreints (une remplisseuse de pots préformes d'une capacité de 1000pots/heure) .pour faire face aux exigences de l'heure, la famille BATOUCHE a modernisé l'équipement de l'unité, avec des efforts de travail, l'unité a réussie à acquérir en 1986 puis une deuxième en 1999.partenariat (DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA) la rentrée du groupe DANONE en Algérie en octobre 2001était le fruit de l'accord conclu avec la laiterie DJURDJURA, premier producteur en Algérie avec une participation de 51% au début, dans la société DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA.

Situation géographique

- **Lieu et entourage de DANONE DJURDJURA ALGERIE**

Dans la zone industrielle (TAHAEACHTE) avec les 60 unités de production agroalimentaire. A deux km de la ville d'AKBOU. A une dizaine de mètre de la voie ferrée. 60km de BEJAIA (**Figure 1**) chef-lieu de la région et pole économique important en ALGERIE dotée d'un port trafique et un aéroport international. 180 km à l'est du capital d'ALGERIE,

- **Partage de la superficie à 33864,10m²**

Une salle de stockage de matière première de 2737m². Une chambre froide pour stockage du produit fini 1152 m². Un magasin de pièce de rechange de 315,5 m², deux ateliers de productions, un atelier de préparations de yaourt. Et un atelier de maintenance.

- **Les différents produits**

L'unité DANONE Djurdjura Algérie produit 350 à400 TONNE/JOUR et différents produits sont : yaourt ferme traditionnel, Yaourtyaoumi, Bioactivia aromatisé, Yaourt à boire (lait fraise), Crème disserte (d'Annette), brasse aromatisée, Yaourt à boire dan up, jus (Danao) .petit gravais aux fruits. Yaourt à boire activia



Figure 1. Le plan géographique de DANONOE DJURDJURA

Introduction générale

La presse soudeur, comme dispositif, est destinée à souder l'opercule, aluminium, ou complexe papier d'une laque thermocollante sur la bande plastique plate ou formée d'un ensemble électrode contre électrode. Elle constitue un outil qui comprend une électrode dont les cordons de soudure sont aux formes de l'ouverture des pots, une contre électrode, une résistance et des sondes thermiques de régulation de la température de l'électrode, et des éjecteurs de positions ajustable suivant les hauteurs de pots.

Durant notre stage au sein de l'entreprise DANONONE DJURDJURA, nous avons constaté que cette machine est alimentée par un moteur et un réducteur. Il y a lieu de souligner que notre étude porte sur une presse de soudure d'une conditionneuse de yaourt ERCA EF-320, précisément, la transmission du mouvement entre le moteur et le réducteur et le dimensionnement de la clavette.

L'objectif de notre travail est d'étudier la clavette afin d'améliorer sa durée de vie, et cela en essayant de fabriquer une clavette à partir d'un autre acier plus dur et plus résistante au cisaillement. C'est ce qui constitue à vrai dire le noyau dur de notre problématique.

Afin de bien pouvoir mener notre travail à terme, nous avons jugé méthodique de le structurer en le répartissant en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'étude de la machine ERCA 320, ce qui nous permettra de présenter tous les éléments constitutifs de cette machine pour bien comprendre son fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, nous allons faire une étude et une conception des clavettes, ce qui constitue une recherche sur les aciers, plus exactement l'acier 24CrMo4 que nous allons utiliser dans la fabrication de notre clavette, la trempe de l'acier. C'est une méthode que nous allons adopter pour le traitement thermique de 42CrMo4, la dernière étape de ce chapitre sera la simulation numérique de la clavette.

Le troisième chapitre représente la dernière phase de notre projet de fin d'étude, ce dernier consiste en une explication des différentes étapes que nous allons suivre durant notre fabrication de clavette.

I. Introduction

Une machine est un ensemble de pièce ou d'organe liée entre eux, dont au moins un est mobile, Réunis de façon solidaire en vue d'une application définie. Notamment pour la transformation, le traitement, le déplacement et le conditionnement d'un matériau. Pour cela ce chapitre est consacre a explorée la machine qui est une conditionneuse de Yaourt type (EF-320) dont on va exposer la constitution de ses différents parties, et leur fonctionnement.



Figure I.1. Photo de la machine ERCA

I. 1 Problématique

Nous précisons que dans notre travail intitulé : (Eude technologique de la presse de soudure la dessert 1, avec une amélioration), nous nous proposons d'étudier la presse soudure et d'analyser les pannes récurrentes qui pourraient survenir au niveau de cette presse.

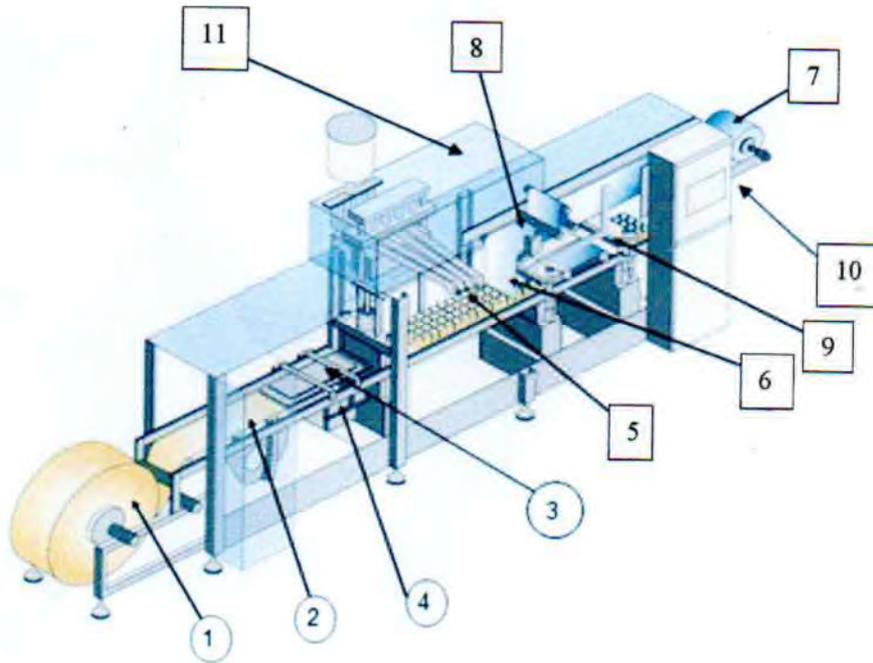
Notre problématique repose sur le fait qu'on menant notre stage au sein de l'entreprise DANONE, nous avons constaté qu'un nombre considérable de pannes souvent récurrentes au niveau de la presse de soudure, qui a suscité notre curiosité et amené à chercher et identifier l'ensemble des pannes qui pourraient exister, à savoir :

- Pannes de scellage (refroidissement de la matière première, usure mécanique, fuite d'eau, le temps de maintien et la pression de soudure)
- Panne mécanique (Clavette) entre le moteur et le réducteur.

Parmi ces dernières, nous nous sommes intéressé à présenté la chaine de production pour mieux situé notre travail. En étudiant les fiches de maintenance de l'ERCA EF-320 (annexe 1) on a constaté que c'est la clavette mise sur le moteur de la presse. Nous avons donc entamé l'étude de transmission de mouvement "moteur réducteur" et le dimensionnement de la clavette.

I. 2 Nomenclature de la machine

La nomenclature de la machine ERCA EF-320 est présentée dans la (Figure I.2).



1- Bobine dérouleur plastique

2- Chaîne de tirage

3-Boîte de chauffe

4- Presse de formage

5-Doseur de DPM

6- Presse de soudure

7-Bobine opercule

8-Système de datage

9- Presse de découpe

10-Tapis de sortie

11-Ensemble de flux laminaire

Figure I.2. Conditionneuse EF-320.

I.2.1 Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques de la machine sont présentées dans le **Tableau I.1**

Tableau I.1. Les caractéristiques techniques de la machine.

Type de machine	EF-320 AS
Année de construction	1999
Numéro de modèle	13199
Tension	380 V triphasé
Fréquence	50Hz
Puissance installée	49 KVA
Pression d'air comprimé	6.5 bars
Débit d'air comprimé	90 N m ³ /h
Débit hydraulique	1 m ³ /h
Pression hydraulique	1.5 à 3 bars

I.2.2 Fonctionnement de la machine (EF-320)

La bobine plastique est transférée vers les différents outillages à l'aide des pinces de tirage

- Après la stérilisation de la bande plastique par l'aspirateur ionisateur, elle passe par une boîte de chauffe pour l'amener à sa température de thermoformage (130-150°C) ensuite la bande chauffée s'introduit à la presse de formage, les pots fermes seront remplis par le doseur.
- La bobine opercule sera déroulée d'une façon que le tirage fait avancer les pots et l'opercule au même temps. Pour assurer une bonne opération de soudage et ça après le marquage et encrage (datage) de l'opercule, puis la presse de découpe à l'aide des couteaux assurent le découpage les prés découpage des pots.
- Enfin les pots découpés sont dégagés vers la sortie pour finir sur le tapis de sortie.

I.3 Les opérations effectuées par la machine

I.3.1 Déroulement plastique

I.3.1.1 Rôle de dérouleur

Dérouler une longueur de feuille plastique supérieure au pas machine afin que l'effort du tirage soit constant quel que soit le poids de la bobine.

I.3.1.2 Principe de fonctionnement

La bobine en plastique est placée sur un chariot porte rouleau plastique mise en position par un système de centrage et maintenu à l'aide du volant de verrouillage.



Figure I.3. Dérouleur plastique.

I.3.2 Le tirage

Le rôle du tirage est de transférer la bande plastique de l'entrée machine vers les différents Outillages, l'ensemble de transfert de la bande plastique comporte :

- Deux chaînes munies de pinces assurent la prise et la traction de la bande plastique.
- Des guides chaînes, supérieur intermédiaire intérieur maintenant et guidant les chaînes dans leur déplacement.
- Un servomoteur commandant les roues de tirage des chaînes.
- Un collecteur d'alimentation (courant continu) des bobines des roues de tirage.
- Deux roues de traction à embrayage magnétique.
- Deux roues de détoure.
- Deux rampes d'ouverture des pinces pour assurer la prise de la bande plastique à l'entrée.
- Deux rompe d'ouverture des pinces pour libérer la bande plastique.

I.3.2.1 Principe de Fonctionnement

Un ensemble de pinces fixes et mobile s'ouvre et se ferment de manière alternative les pinces mobiles sont montées sur des barres de tirage qu'à chaque cycle effectuent un mouvement d'aller-retour.

Dans le sens du défilé, les pinces mobiles sont fermées et entraînent ainsi la bande plastique (les pinces fixes sont ouvertes). Les pinces fixes sont fermées permettant le maintien de la bande plastique et la conservation du pas (les pinces mobiles sont ouvertes).

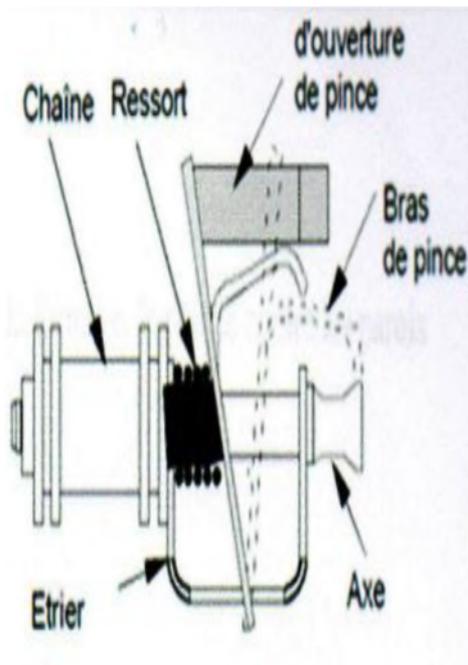


Figure I.4. Tirage pinces ouverts.

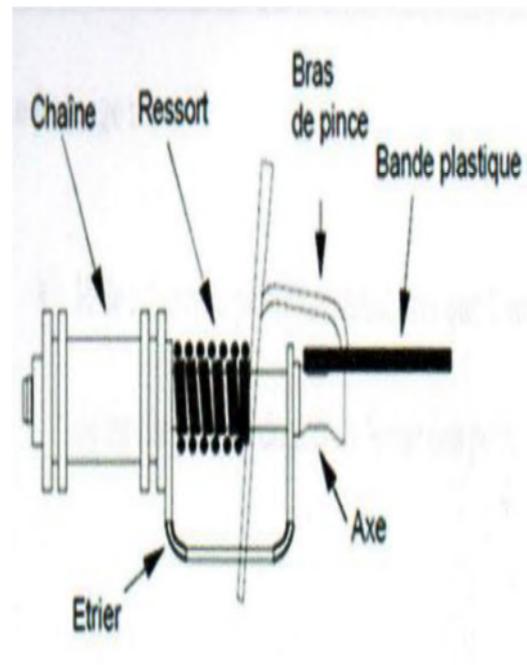


Figure I.5. Tirage pinces fermés.

I.3.3 L'aspirateur

Juste après l'introduction du plastique se trouve un aspirateur, son rôle est d'aspire et nettoyer tout les corps étrangers qu'on trouve souvent sur le plastique avant de passer a la chauffe

I.3.4 Le chauffage

I.3.4.1 Rôle de chauffage

Amener le plastique à sa température de thermoformage, l'échange thermique se fait par contacte et seul la partie à former est chauffer.

I.3.4.2 Principe de fonctionnement du chauffage

Dès le démarrage de la machine, les vérins de commandes actionnent les parties supérieures à la boîte de chauffe (positionnement, ouverture et fermeture de la boîte).

La pression de contact sur la bonde plastique est définie par la compression des ressorts montés sur les plaques de chauffage supérieurs [1].

I.3.5 Le formage de plastique

I.3.5.1 Rôle de formage

Etirer le plastique chaud afin que l'air formage le plaque contre les parois du moule pour donner la forme des pots [1].

I.3.5.2 Principe de fonctionnement de la partie formage

- La presse est ouverte.
- La presse est fermée, le plastique est pincé.
- Descente des poinçons. L'air emprisonné dans le moule s'échappe autour des fonds de pots.
- Poinçons détectés en position basse, envoi d'air formage.
- Avant l'ouverture du moule, remontée des poinçons et mise à l'échappement pour décompresser.
- Descente de la presse.

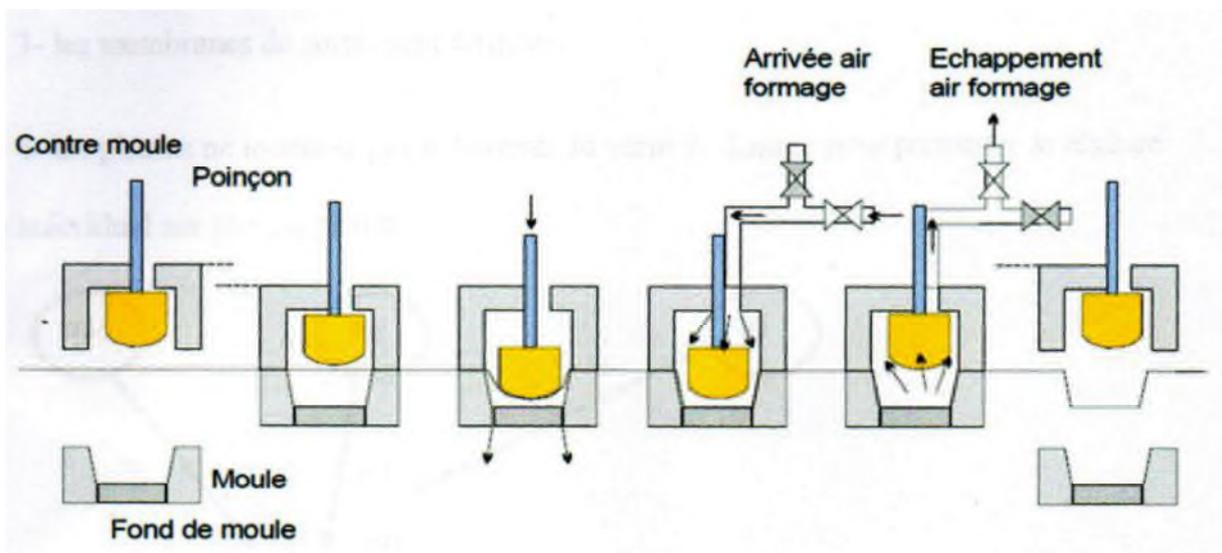


Figure I.6. Cycle de formage.

I.3.6 Dosage de produit

C'est le remplissage des pots en produit à la quantité voulue (dose). Représentant le doseur dans la (figure I.7) et sa nomenclature [1].

I.2.6.1 Fonctionnement du doseur

Le doseur a deux états, la première, doseur en repos les buses sont en position haute, et les membranes d'entrée sont ouvertes et ceux de sortie sont fermés, et les pistons ne touchent pas le barreau du vérin. Et la deuxième, doseur en marche, on remarque la descente de la tête de dosage et les pistons sont en position basse, en suite l'ouverture des membranes de sortie [1].

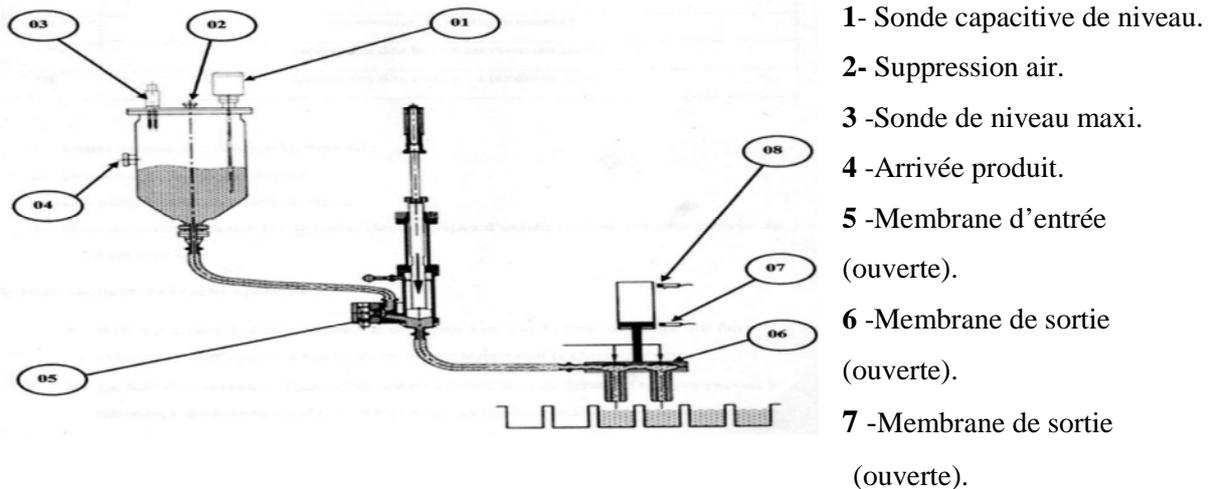


Figure I.7. Doseur de produit.

I. 3.7 Déroulement bobine Opercule

Le film d'opercule est déroulé à partir d'une bobine motorisée puis tracté, lors de l'avancement d'un pas, par l'ensemble du train de pots fermés précédemment.

La correspondance parfaite du logo de l'opercule sur l'orifice du pot est assurée par un capteur photoélectrique qui suit un «spot » imprimé sur le bord du film d'opercule. Si le spot est décalé, un système de tirage du film d'opercule permet de rattraper l'erreur. La longueur entre 2 spots est toujours inférieure au pas machine (Figure I.8) [1].

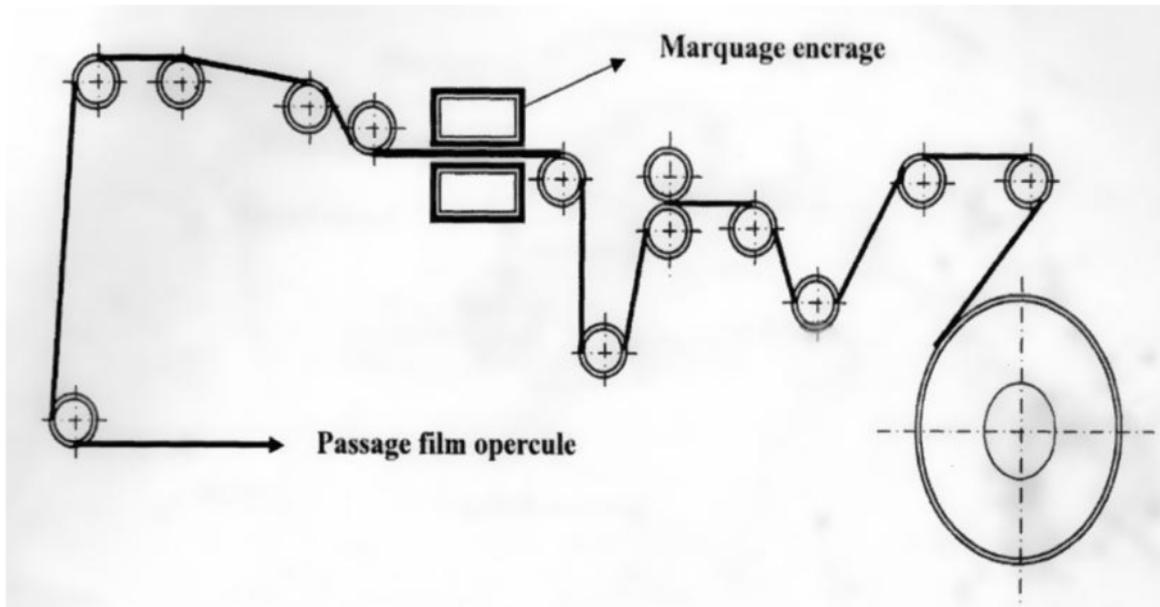


Figure I.8. Déroulement de film opercule.

I.3.8 Marquage et encrage

Ce système permet le marquage de la date sur le film couvercle avant la soudure. Il Comporte : Une plaque porte caractères, Une contre plaque, Des rouleaux encres, Un vérin de marquage, Un vérin d'encrage, Position de marquage au repos (Figure 10), position de marquage (Figure I.10) [1].

I.3.8.1 Le fonctionnement du marquage et encrage

Le vérin d'encrage assure le déplacement longitudinal de la plaque porte caractères sous les rouleaux encrés artielés. Dès le retour de l'ensemble, le détecteur autorise la montée du vérin de marquage, le film opercule est alors marqué et avancé d'un pas. Le même cycle se produit au pas suivant [1].

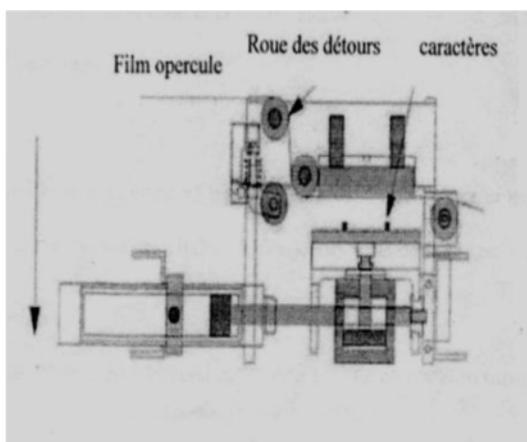


Figure I.9. Position repos.

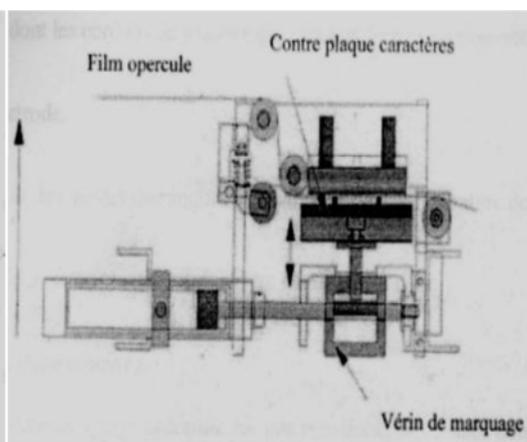


Figure I.10. Marquage.

I.3.9 Soudure

La presse soudeur, comme dispositif, est destinée à souder l'opercule, aluminium, ou complexe papier d'une laque thermocollante sur la bande plastique plate ou formée d'un ensemble électrode contre électrode. Elle constitue un outil qui comprend une électrode dont les cordons de soudure sont aux formes de l'ouverture des pots, une contre électrode, une résistance et des sondes thermiques de régulation de la température de l'électrode, et des éjecteurs de positions ajustable suivant les hauteurs de pots.

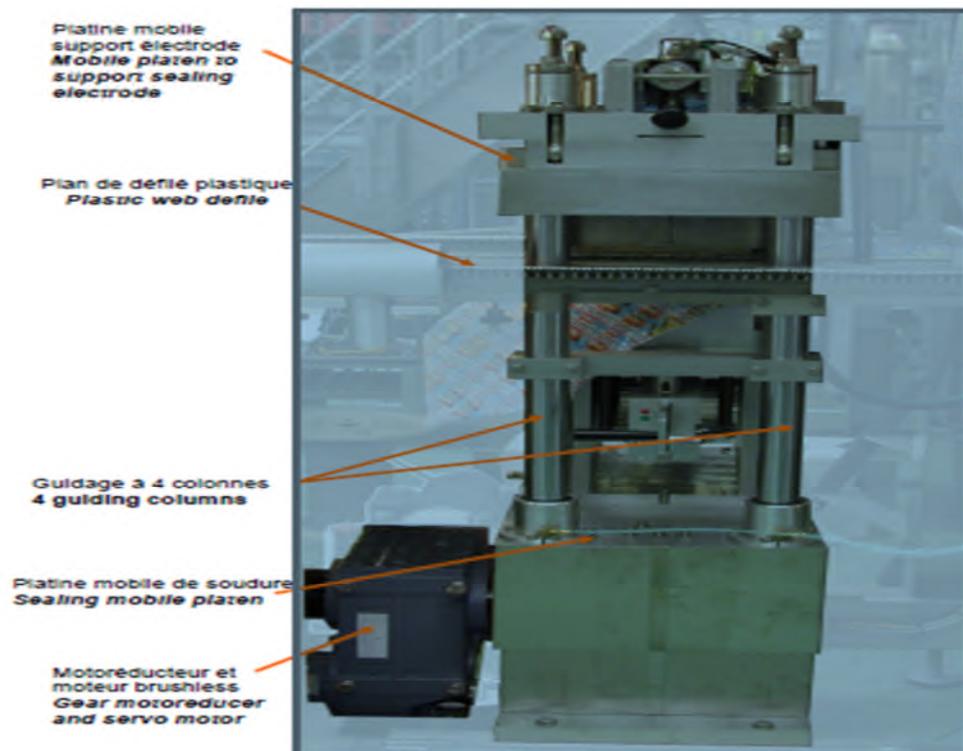


Figure I.11. La presse de soudure.

I.3.9.1 Principe de fonctionnement

- L'électrode est amenée à température (150°C) par une résistance, des sondes de température permettent la régulation thermique pour effectuer une thermo soudure.
- A chaque cycle machine l'électrode et la contre électrode sont fermée et mise en pression pour effectuer la soudure.
- A l'arrêt, l'électrode est relevée de 35 mm au dessus de l'opercule pour ne pas fondre le plastique et dégager le haut de presse des chaines de tirage lors d'un démontage du haut de l'outil.

- Au départ machine, l'électrode descend de 30 mm et reste en position travail jusqu'au prochain arrêt.
- A chaque cycle machine l'électrode descend de 5 mm pour venir en position du plan de défilé et remonte de 5 mm pendant le tirage pour éviter le contact de la bonde sur le cordant de soudure.

I.3.10 Découpage et prés découpage

Le découpage et pré découpage des pots se fait à l'aide des outils (couteaux) montés sur la presse de découpe. (Figure 13) Montre la vue de face de la presse de découpe. (On découpe seulement les pots remplis) [1].

I.3.10.1 Principe de fonctionnement de découpage

Le mouvement de découpe rectiligne alternatif est donné par les quatre bielles verticales, est obtenu à partir du mouvement rotatif du moteur, transmis à l'aide d'un système bielle manivelle, qui transforme le mouvement transversal alternatif à un mouvement vertical alternatif qui fait monter la matrice (table) et la mettre en contact avec la partie fixe (outil de découpe) pour avoir le découpage et pré découpage des pots [1].

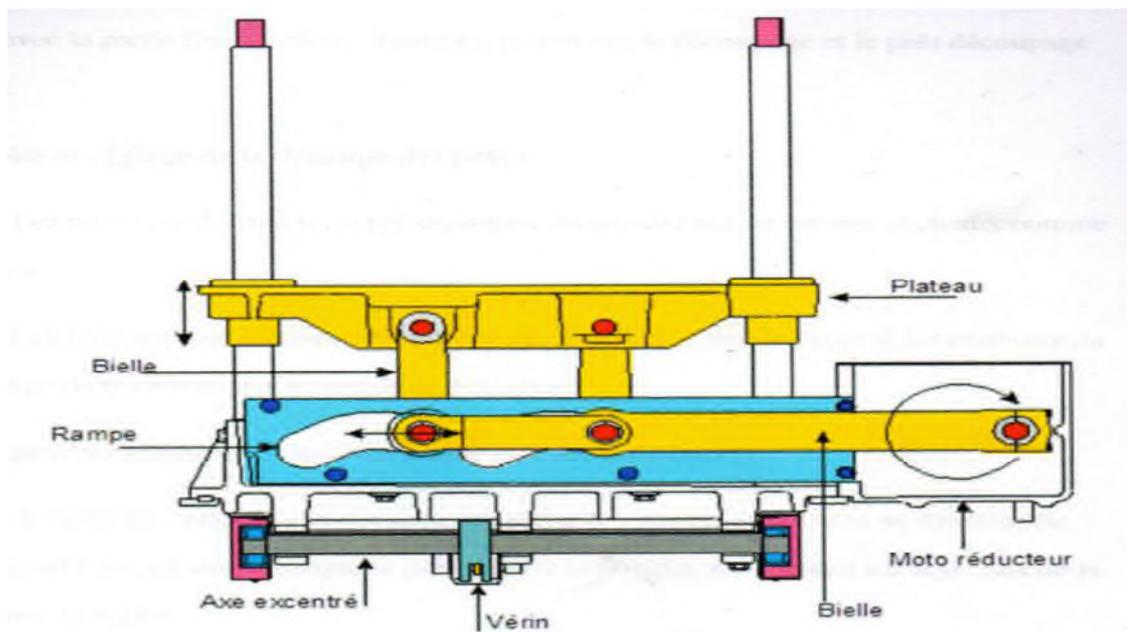


Figure I.12. La presse de découpe.

I. 3.11 Tirage en coupe déchets

La (Figure I.13) montre l'outil de découpe qui coupe les déchets latéraux, et les deux pinces pneumatiques appréhendent les déchets, en fin les deux vérins évacuant les déchets dans le bac à déchets [1].

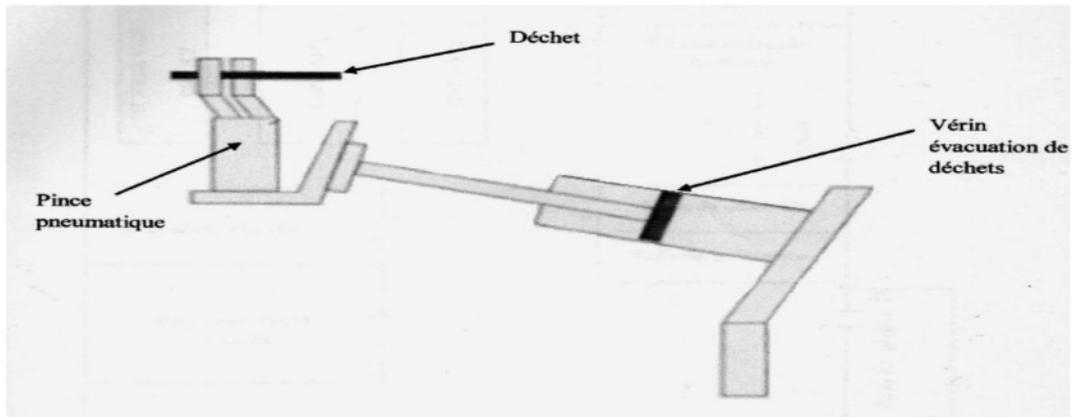


Figure I.13. Tirage en coupe déchets.

I.3.12 Tapis de sortie

Le tapis roulant (tapis de sortie) : à pour rôle d'évacuer les pots de yaourt vers l'encaisseur.

I.3.12.1 Principe de fonctionnement

- Un moteur fait tourner en continu des cordes de transport.
- Les pots sont maintenus en ligne de production par guide, puis acheminés en dehors de la machine [1].

II. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire une étude de conception des clavettes et de la procédure à suivre pour leurs fabrications.

Pour ce faire, nous allons repartir ce chapitre en quatre parties qui sont les suivantes :

- Généralité sur les clavettes en particulier les clavette parallèles, et ces dimensions
- généralité sur les aciers, en particulier l'acier 42CrMo4 (annexe 2)
- le traitement thermique des aciers
- simulation de la pièce moyennant le logiciel SolidWorks

II.1 Les clavette

Les clavettes sont des éléments de machine intercalées entre des surfaces planes ou plus souvent entre un arbre et un moyeu .elle transmettent les efforts principalement par emboîtement. Leur section transversal et carrée ou rectangulaire. Les clavettes d'arbres nécessitent la fabrication de deux rainures, l'une dans l'arbre, l'autre dans le moyeu elles servent a transmettent un couple de torsion de l'arbre vers le moyeu ou dans le sens inverse.

La fabrication des pièces à section rectangulaire et de rainures positionnées correctement dans l'arbre et le moyeu, est une opération difficilement réalisable avec grande précision [3].

II.1.2 Clavetage

Dans l'assemblage des arbre-moyeu, l'organe mécanique le plus souvent rencontré est La clavette. La Figure II. 1 présente, à l'aide d'un montage éclaté, un arbre-moyeu clavetté où la clavette est représentée par la pièce 3. La rainure sur l'arbre (pièce 2) peut être exécutée par une fraise-doigt ou avec une fraise-disque. La rainure du moyeu (pièce 1) s'obtient par mortaisage, à moins que l'on ne réalise l'alésage rainuré par brochage [2].

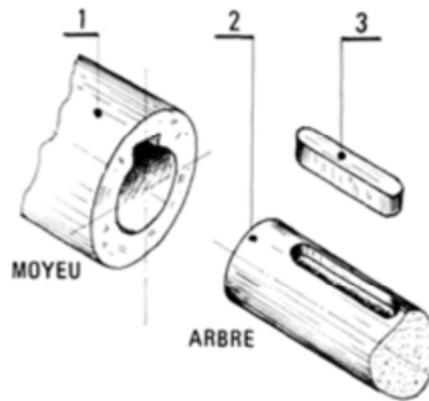


Figure II.1. Clavetage.

II.1.3 Classification du clavetage

Selon le mode d'emplois et le montage, le clavetage peut être classifié en trois grandes familles (Figure II.2).

- Le clavetage transversal ou les clavettes sont montées perpendiculairement avec l'axe des pièces assemblées.
- Le clavetage longitudinal ou les clavettes sont montées parallèlement sur l'axe des pièces assemblées.
- Le clavetage tangentielle ou les clavettes sont montées radialement sur la tangente de la surface de contact entre les pièces.

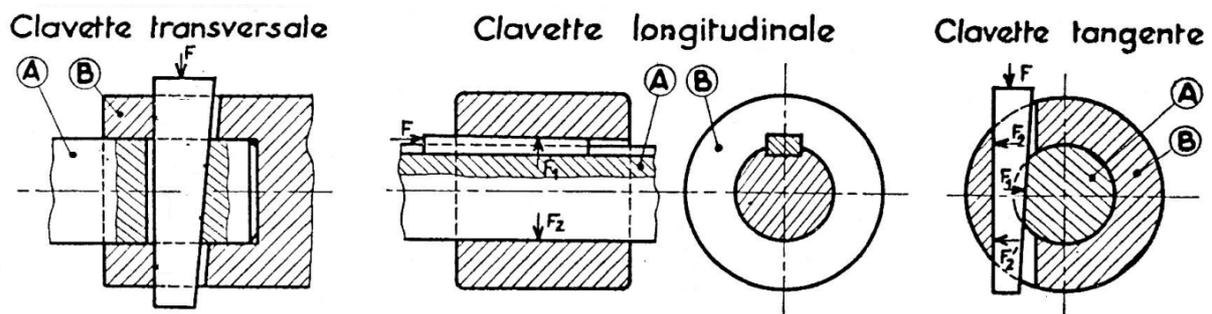


Figure II.2. Types de clavetages

Les clavettes longitudinales présentent la classe la plus utilisée en construction mécanique selon l'emploi, on distingue deux types : le clavetage longitudinal forcé et le clavetage longitudinal libre [2].

II.1.3.1 Clavetage transversal

Cette technique est utilisée pour immobiliser en rotations deux pièces généralement coaxial. La liaison obtenue peut transmettre de grands efforts axiaux et des couples assez importants [2].

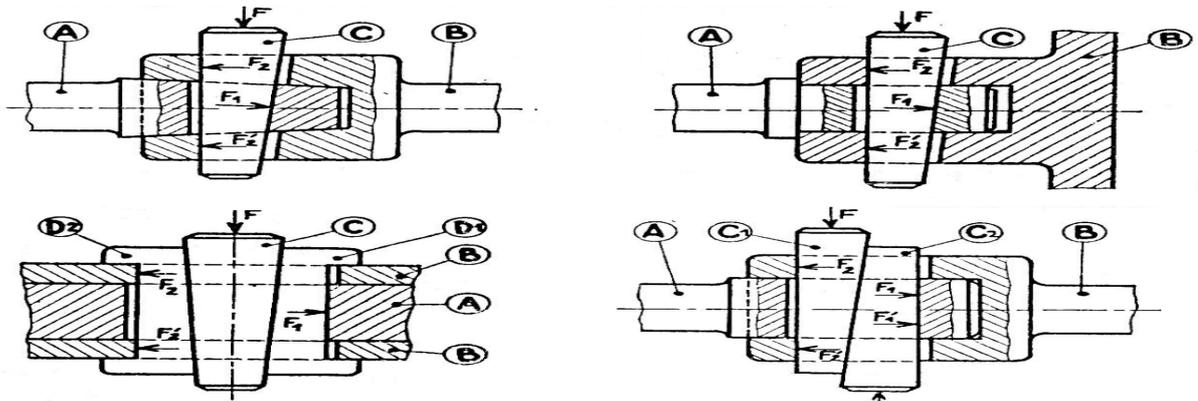


Figure II.3. Clavetage transversal

II.1.3.2 Clavetage tangentiel

Ce type de clavetage est utilisé pour les applications plus ou moins simples. Il permet d'obtenir une liaison complète dont le couple transmis est faible. La figure II.4 présente l'exemple du clavetage de pédale d'un vélo [2].

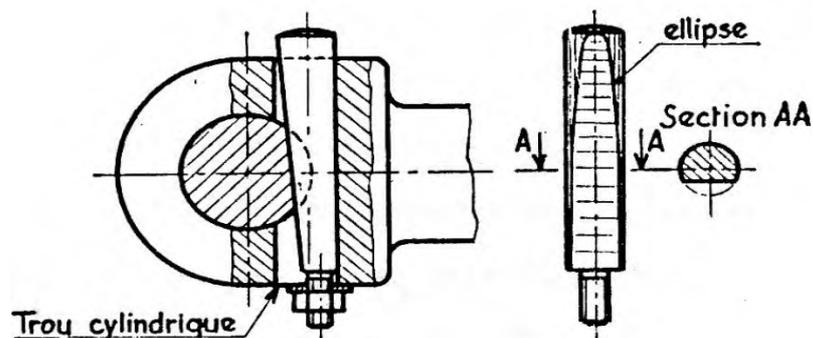


Figure II.4. Clavetage tangentiel.

- **Les types de clavette utilisée**

a) Clavettes rondes

Ces clavettes sont composées d'un cylindre arrondi à ses deux extrémités et d'un plat ayant une pente de 10%.

Le maintien en position de la clavette dans son logement, un trou lisse de diamètre d , est assuré par adhérence [4].

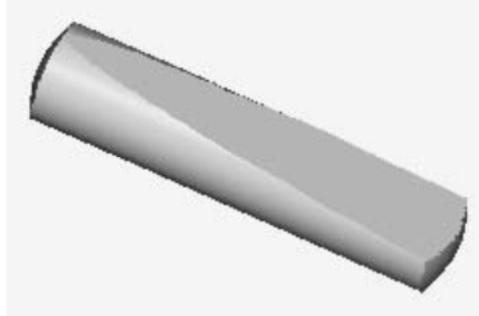


Figure II.5. Clavette ronde.

b) Clavettes vélo

Ces clavettes sont nommées de cette manière car leur emploi principal est pour obtenir la liaison fixe entre le pédalier avec son axe [4].

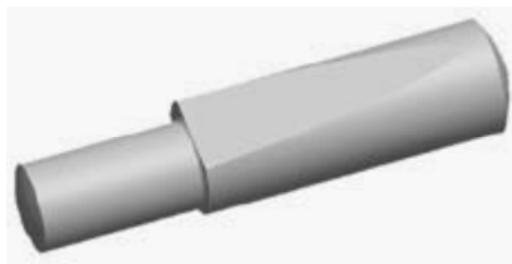


Figure II.6. Clavette vélo.

Tableau II.1. Dimensions des clavettes vélo.

D h10	a	B	c	$e \pm 0,1$	f	p	R
7	12	25	M 5x0,80	0,7	5,8	5 %	6
9	14	26	M 7x1,00	0,8	7,45	7 %	7,5
12	18	45	M 8x1,25	1,5	9	8 %	10
16	22	60	M 10x1,25	2,0	12	8 %	13

Désignation des clavettes vélo : clavette de 9 NF ISO 6693

II.1.3.3 Clavetage longitudinal

Les clavettes longitudinales ont leurs faces principales parallèles à l'axe de l'arbre, on distingue deux types de clavetage longitudinal.

II.1.3.3.1 Clavetage longitudinal forcé

Dans ce type de clavetage, on utilise les clavettes inclinées. La liaison arbre-moyeu est obtenue, dans ce cas, par coincement des faces inférieures et supérieures sur ses portées avec l'arbre et le moyeu. L'inconvénient de ce clavetage est le désaxage léger du moyeu par rapport à l'arbre dû à l'effort radial. L'avantage est l'obtention d'une liaison complète (élimination de translation et de rotation) [2].

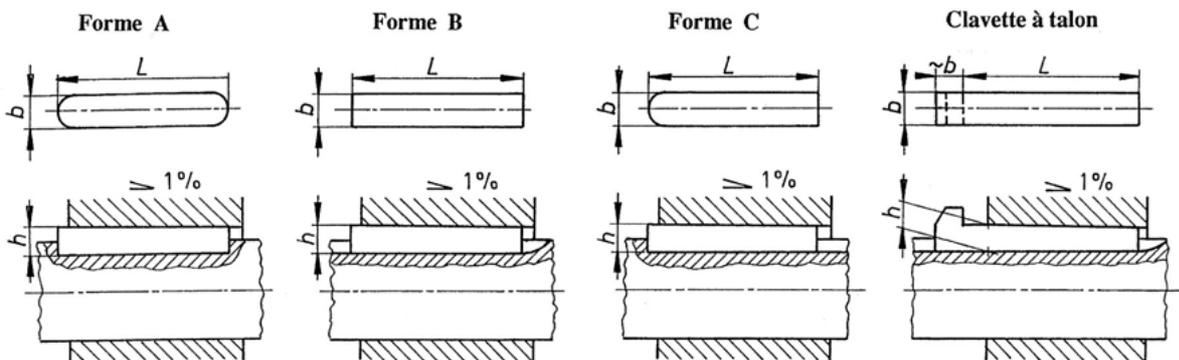


Figure II.7. Clavettes inclinées

- **Les types de clavettes utilisés**

a) **Clavettes inclinées sans talon** : le coincement est obtenu en exerçant un effort sur L'arbre ou sur le moyeu [4].



Figure II.8. Clavette inclinée sans talon

- **Avantage :**

Le moyeu peut être placé axialement n'importe où sur l'arbre ;

-ce montage ne nécessite pas d'épaulement.

- **Inconvénient :** cette liaison crée un désaxage du moyeu par rapport à l'arbre.

b) **Clavettes inclinées à talon** : le coincement est obtenu en exerçant un effort Directement sur la clavette. Le talon permet de faciliter le démontage.



Figure II.9. Clavette inclinée à talon

Tableau II.2. Dimensions des clavettes inclinées à talon.

A	4	5	6	8	10	12	14	16	18
B	4	5	6	7	8	8	9	10	11
H	7	8	10	11	12	12	14	16	18
S	0,2	0,3			0,5				
L	8 à 40	10 à 50	14 à 70	18 à 90	22 à 120	28 à 140	35 à 160	45 à 180	50 à 200

A	20	22	24	25	28	32	36	40
B	12	14	14	14	16	18	20	22
H	20	22	22	22	25	28	32	36
S	0,7						1,1	
L	55 à 220	60 à 240	70 à 260	70 à 280	80 à 300	90 à 320	100 à 360	240 à 400

s : valeur du chanfrein, non représenté sur les dessins.

L : valeurs de la longueur : 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 18 – 20 – 22 – 26 – 28 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100 – 120 – 140 – 160 – 180 – 200 – 220 – 240 – 260 – 280 – 300 – 320 – 340 – 360 – 380 – 400 mm.

- **Désignation**

Clavette inclinée à talon $a \times b \times L$ NF E 22-178.

Clavette inclinée, forme A, $a \times b \times L$ NF E 22-178.

II.1.3.3.2 Clavetages longitudinal libre

Dans ce cas, on utilise les clavettes parallèles. Ce type de clavettes n'assure que la liaison en rotation, l'arbre peut coulisser dans le moyeu. Leur montage se fait avec un léger jeu ce qui diminue la précision cinétique. Elles sont utilisées que pour le clavetage cours ($d < 1,5d$) Pour certaines applications, notamment dans le cas des fréquences de rotation très élevées, il est nécessaire de coller les clavettes (Figure II.10).

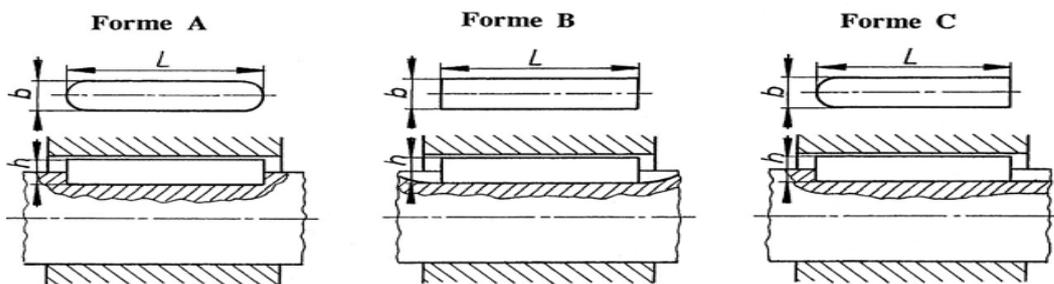


Figure II.10. Les clavettes parallèles ordinaires.

Dans d'autres cas, on utilise le clavetage long dans ces applications, les clavettes doivent être fixé par vis pour la fixation, les clavettes de forme A et B sont munie de trois trous alignés sur leurs longueurs dont celui de milieu est taraudé. Ce dernier est utilisé pour le démontage (Figure II.11).

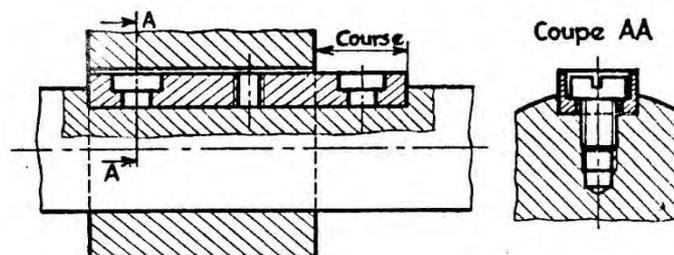


Figure II.11. Clavette parallèle fixée par vis.

Ce mode d'assemblage convient pour le clavetage où $d < 1 < 2,5.d$ et en particulier s'il y a

pendant la rotation un déplacement relatif du moyeu par rapport à l'arbre.

Dans le cas des arbres de faible diamètre transmettant de moyens et faible efforts ou pour les arbres coniques, on utilise les clavettes disque ou les clavettes bateau

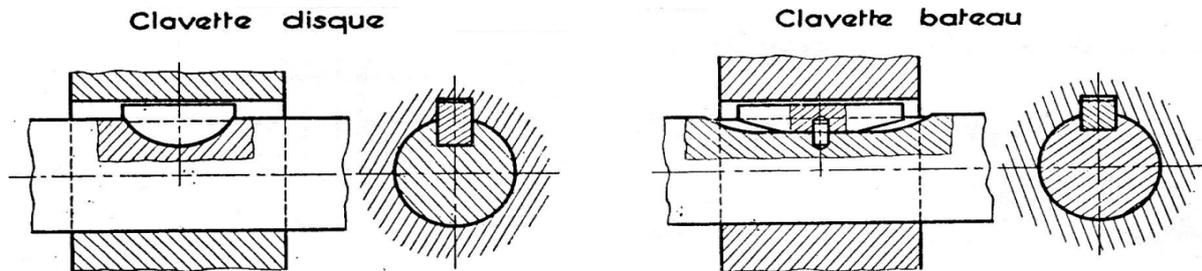


Figure II.12. Clavette disque et clavette bateau.

L'usinage du logement de ces clavettes est plus ou moins simple en utilisant une fraise- disque. Cette opération peut affaiblir la résistance de l'arbre, mais le montage de ces clavettes reste le plus simple par rapport aux autres [2].

c) Les bouts d'arbres

Les bouts d'arbre des machines tournantes (moteurs, pompes, compresseurs, Réducteurs...) doivent respecter la normalisation [4].

d) Les bouts d'arbres cylindriques

Deux bouts d'arbres cylindriques sont normalisés : NF E 22-051 pour la série longue, recommandée, et NF E 22-052 pour la série courte.

Tolérances sur d

Tolérances sur d :

j6 pour $d \leq 30$ mm

k6 pour $30 \leq d < 32$ mm

m6 pour $55 \leq d < 130$

e) Les bouts d'arbres coniques

Deux bouts d'arbres coniques sont normalisés : NF E 22-054 pour la série longue, recommandée, et NF E 22-055 pour la série courte.

Deux systèmes filetés permettent d'assurer le maintien de la liaison : la vis et l'écrou.

- **Maintien par vis :**

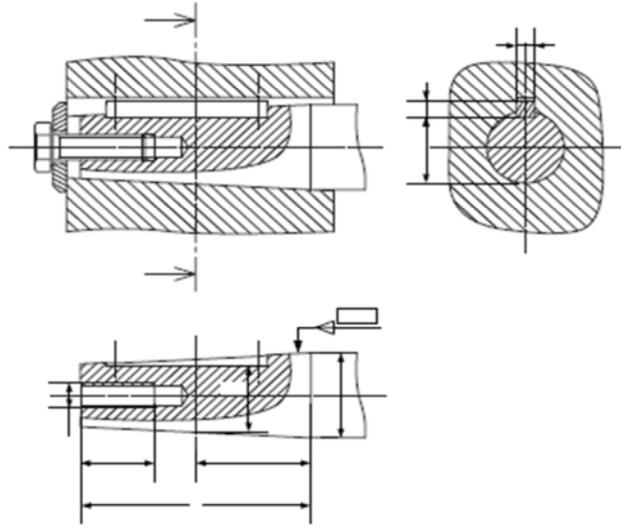


Figure II.13. Maintien par vis.

- **Maintien par écrou :**

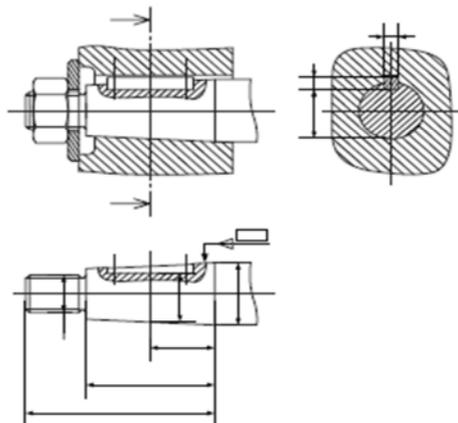


Figure II.14. Maintien par écrou

II.1.4 Clavetage par clavettes parallèles

II.1.4.1 Définition du clavetage parallèle

Le plus courant des procédés d'assemblage d'un moyeu sur un arbre et la Clavette parallèle. La rainure peut être exécutée par une fraise-doit ou avec une fraise-disque (Figure 29). Ce dernier procédé conduit à des concentrations de contrainte en flexion plus faibles. La rainure du moyeu s'obtient par Mortaisage, à moins que l'on ne réalise l'alésage rainuré par brochage. Il est également possible de travailler par électroérosion [5].

La clavette réalise exclusivement la fixation tangentielle (reprise du moment).

La fixation axiale doit être obtenue par un autre moyen :

- Une vis de pression.
- Un montage serré (H7/k6 ...m6).
- Des circlips ou des écrous.
- Un épaulement de l'arbre et un circlips ou un écrou.

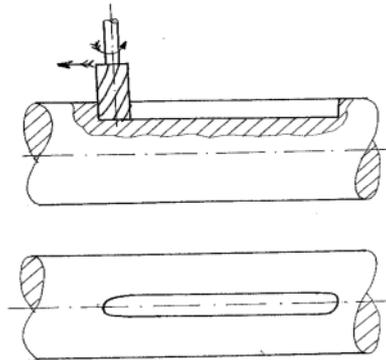


Figure II.15. Rainure exécutée à la fraise-doit

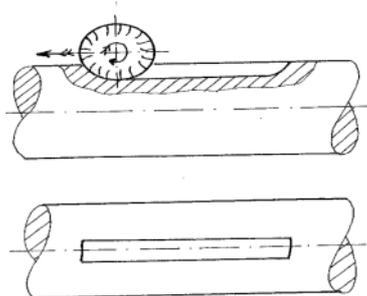


Figure II.16. Rainure exécutée à la fraise-disque

II.1.4.2 Clavettes parallèles ordinaires

Elles sont utilisées pour le clavetage court, c'est-à-dire quand $L < 1,5.d$. Elles existent en trois types selon la forme des extrémités [4].

Tableau II.3. Types des clavettes parallèles ordinaires.

Forme A	Forme B	Forme C
		

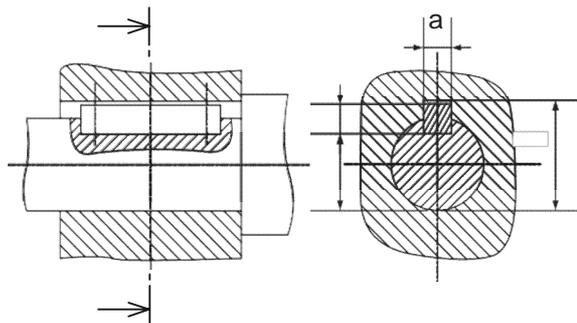


Figure II.17. Clavettes parallèles ordinaires

Tableau II.4. Dimensions des clavettes parallèles ordinaires.

<i>d</i>	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>S</i>	<i>j</i>	<i>K</i>
De 6 à 8 inclus					
8 à 10	2	2	0,16	$d - 1,2$	$d + 1$
10 à 12	3	3	0,16	$d - 1,8$	$d + 1,4$
12 à 17	4	4	0,16	$d - 2,5$	$d + 1,8$
17 à 22	5	5	0,25	$d - 3$	$d + 2,3$
22 à 30	6	6	0,25	$d - 3,5$	$d + 2,8$
30 à 38	8	7	0,25	$d - 4$	$d + 3,3$
38 à 44	10	8	0,4	$d - 5$	$d + 3,3$
44 à 50	12	8	0,4	$d - 5$	$d + 3,3$
50 à 58	14	9	0,4	$d - 5,5$	$d + 3,8$
	16	10	0,6	$d - 6$	$d + 4,3$
58 à 65	18	11	0,6	$d - 7$	$d + 4,4$
65 à 75	20	12	0,6	$d - 7,5$	$d + 4,9$
75 à 85	22	14	1	$d - 9$	$d + 5,4$
85 à 95	25	14	1	$d - 9$	$d + 5,4$
95 à 110	28	16	1	$d - 10$	$d + 6,4$
110 à 130	32	18	1	$d - 11$	$d + 7,4$
130 à 150	36	20	1,6	$d - 12$	$d + 8,4$
150 à 170	40	22	1,6	$d - 13$	$d + 9,4$
170 à 200	45	25	1,6	$d - 15$	$d + 10,4$
200 à 230	50	28	1,6	$d - 17$	$d + 11,4$

Désignation : clavette parallèle, forme A, $a \times b \times L$ NF E 22-177

s : Valeur du chanfrein à 45° , non représenté sur les dessins.

L : Les longueurs(en mm) sont à choisir dans le tableau des dimensions normalisées établi par le capitaine Renard.

A : Les sections (en mm) sont à choisir dans le tableau des dimensions normalisées établi par le capitaine Renard.

b : Les hauteurs (en mm) sont à choisir dans le tableau des dimension normalisées établi par le capitaine Renard.

J et k : le diamètre (en mm) de l'arbre moins et plus la hauteur de la rainure.

II.1.4.2.1 Cotation de l'arbre et du moyeu des clavettes parallèles ordinaires

L'ajustement arbre/moyeu peut être choisi le Tableau II.5.

Tableau II.5. Ajustement arbre/moyeu.

Liaison	Ajustement	Symbole
Liaison encastrement	de précision courante	H8 e8
	à jeu réduit (équilibrage)	H8 h8
	précis avec montage manuel	H7 g6
	fretté avec clavette de sécurité	H7 p6
Liaison glissière	de qualité courante	H8 e8
	de qualité soignée	H7 f7

Les ajustements arbre/clavette et clavette/moyeu peuvent être choisis le tableau II.6.

Tableau II.6. Ajustement arbre/clavette et clavette/moyeu.

Clavetage	Libre	Normal	Serré
arbre/clavette	H9 h9	N9 h9	P9 h9
clavette/moyeu	D10 h9	J9 h9	P9 h9

II.1.4.2.2 Forme des rainures des clavettes parallèles ordinaires:

Selon les modes d'obtention, les rainures dans l'arbre ont des formes différentes

Tableau II.7. Forme des rainures des clavettes parallèles ordinaires.

Obtention par une fraise deux tailles	Obtention par une fraise trois tailles

II.1.4.3 Clavette parallèle fixée par vis

Ces clavettes conviennent pour des clavetages longs : $d < L < 1,5.d$.

Tableau II.8. Clavette parallèle fixée par vis.

Forme A	Forme B

Ces clavettes sont fixées par deux vis à tête cylindriques à six pans creux. Les chanfreins à 45° ne sont pas représentés sur les dessins.

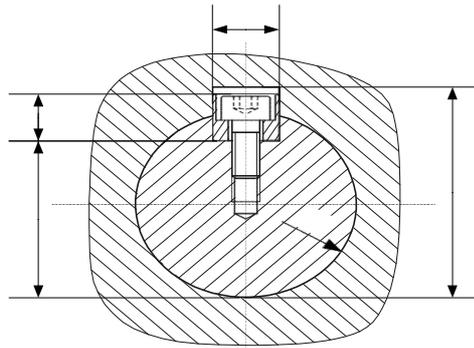


Figure II.18. Clavette parallèle fixée par vis

Pour leur démontage, il suffit de visser une des deux vis dans le trou taraudé central. Cette opération aura pour effet de décoller la clavette de son logement.

Tableau II.9. Dimensions des clavettes parallèles fixées par vis.

D	a	B	e	f	j	k	Vis
De 17 à 22 inclus	6	6	3	4,5	$d - 3,5$	$d + 2,8$	M 2,5-6
22 à 30	8	7	3,5	6,5	$d - 4$	$d + 3,3$	M 3-8
30 à 38	10	8	3,5	9	$d - 5$	$d + 3,3$	M 4-10
38 à 44	12	8	2,5	10,5	$d - 5$	$d + 3,3$	M 5-10
44 à 50	14	9	2,5	11,5	$d - 5,5$	$d + 3,8$	M 6-10
50 à 58	16	10	3,5	10,5	$d - 6$	$d + 4,3$	M 6-10
58 à 65	18	11	3,5	14,5	$d - 7$	$d + 4,4$	M 8-12
65 à 75	20	12	3,5	13,5	$d - 7,5$	$d + 4,9$	M 8-12
75 à 85	22	14	3,5	14,5	$d - 9$	$d + 5,4$	M 10-12
85 à 95	25	14	3,5	14,5	$d - 9$	$d + 5,4$	M 10-12
95 à 110	28	16	5,5	16,5	$d - 10$	$d + 6,4$	M 10-16

Désignation : clavette fixée a x b x L N F E 22-181

II.1.4.4 Clavette disque

Elle est utilisée pour des arbres de petit diamètre transmettant de faibles couples.

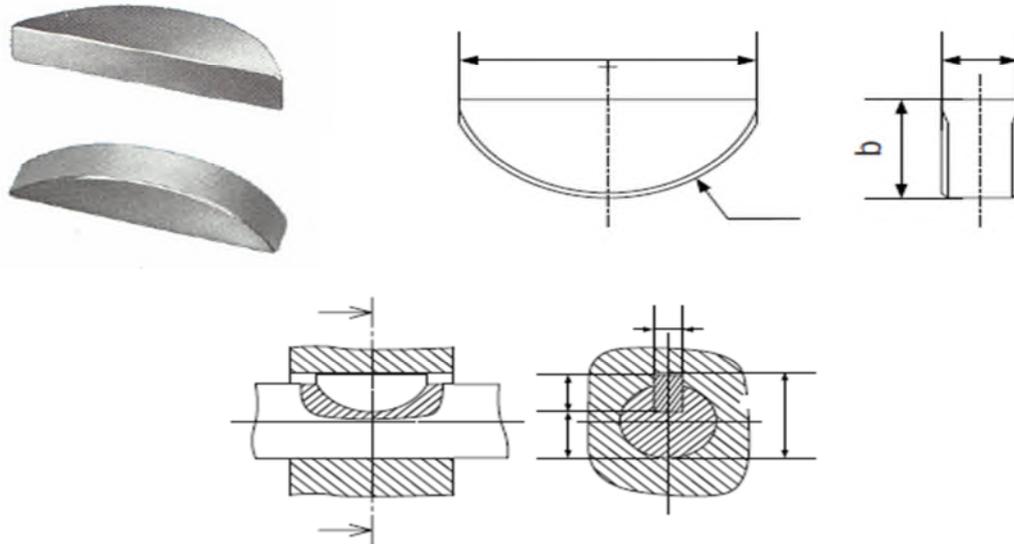


Figure II.19. Clavette disque

Les chanfreins à 45° ne sont pas représentés sur les dessins

Tableau II.10. Dimensions et tolérances des clavettes disques.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>j</i>	<i>K</i>	
Sur la clavette	a h9	1,5	2,6	7	6,5	d - 1,8	d + 0,9
	b h11	2	2,6	7	6,5	d - 1,8	d + 0,9
	c h11	2,5	3,7	10	9	d - 2,7	d + 1,1
Sur l'arbre	e h11	3	3,7	10	9	d - 2,7	d + 1,2
	a P9		5	13	11,5	d - 4	d + 1,2
	j h11		6,5	16	15	d - 5,5	d + 1,2
Sur le moyeu	a E9	4	5	13	11,5	d - 3,5	d + 1,8
	k		6,5	16	15	d - 5	d + 1,8
	H13		7,5	19	17,5	d - 6	d + 1,8
		5	6,5	16	15	d - 4,5	d + 2,3
			7,5	19	17,5	d - 5,5	d + 2,3
			9	22	20,5	d - 7	d + 2,3
		6	9	22	20,5	d - 6,5	d + 2,8
			10	25	23	d - 7,5	d + 2,8
			11	28	25,5	d - 8,5	d + 2,8
			13	32	30	d - 10,5	d + 2,8
		8	11	28	25,5	d - 8	d + 3,3
			13	32	30	d - 10	d + 3,3

Désignation : clavette disque de a x b NF E 22-179

II.1.4.5 Détermination d'une clavette parallèle

Les deux principaux problèmes liés à la définition d'un clavierage par clavette parallèle sont :

- la tenue de la clavette lors de la transmission du couple.
- l'assemblage des éléments (arbre, clavette, moyeu).

La tenue de la clavette est assurée par une condition de non matage qui détermine la longueur minimale de la partie rectiligne de la clavette. Les dimensions transversales, normalisées, sont associées à la valeur du diamètre de l'arbre. L'assemblage des éléments est permis par les conditions de fabrication imposées par une cotation de l'arbre et du moyeu en application du maximum de matière [6].

II.1.4.6 Longueur de contact clavette /moyeu

La pression sera supposée uniformément répartie sur la surface S de contact entre la clavette et le moyeu. La pression moyenne sera calculée par la formule [4].

$$P = \frac{F}{S} \quad \text{avec} \quad F = \frac{Ct}{d/2}$$

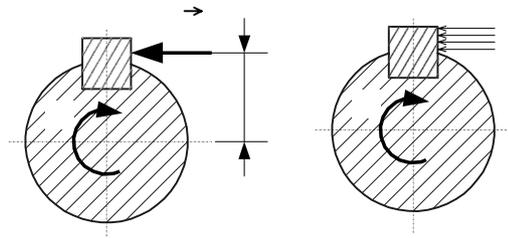


Figure II.20. Clavette parallèle

Cette pression doit vérifier l'inéquation $p \leq p_{adm}$ telle que p_{adm} est la pression admissible.

La pression admissible en MPa , pour des matériaux dont la résistance minimale à la Traction est de $600 MPa$, est donnée dans le Tableau II.11 :

Tableau II.11. Pression admissible.

Conditions de fonctionnement	Utilisations	Pression admissible en MPa		
		Encastrement en MPa	Glissière	
			Glissant sans charge en MPa	Glissant avec charge en MPa
Mauvaises conditions : chocs, vibrations, tolérances larges	Concasseurs Véhicules tous terrains	40 à 70	15 à 30	3 à 10
Conditions moyennes	Mécanique courante	60 à 100	20 à 50	5 à 15
Très bonnes conditions	Mécanique de precision	80 à 150	30 à 50	10 à 20

II.1.4.7 Calcul d'une clavette [7]

Soit une clavette parallèle, à bouts arrondis, utilisée pour la liaison en rotation d'un moyeu sur un arbre.

Appelons : d le diamètre de l'arbre (en mm)

P la puissance à transmettre(en W)

ω La vitesse de rotation (en rad /s)

$$P= 1500 \text{ W}$$

$$d= 24 \text{ mm}$$

$$N=1395 \text{ tr /min}$$

- Le couple transmis :

$$M_t = \frac{P}{\omega} \text{ (en N .m)}$$

$$\omega = 2\pi \times \frac{N}{60}$$

$$\omega = 146,01 \text{ rad/s}$$

$$M_t = 10,27 \text{ N .m}$$

- Ce couple transmet une force F entre l'arbre et la clavette sachant que :

$$M_t = F \times \frac{d}{2} \rightarrow F = \frac{2M_t}{d}$$

$$F = 855,83 \text{ N}$$

Avec F et la force exercée sur la clavette, cette force F engendre des contraintes de Compression et des contraintes de cisaillement.

- La contrainte de cisaillement :

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{F}{L \times a}$$

$$\tau = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

a : largeur de la clavette

- La contrainte de compression :

$$\sigma = \frac{2F}{L \times b}$$

$$\sigma = 6,1 \times 10^{-3} \text{ N/mm}$$

L : Longueur de la clavette.

b: Hauteur de la clavette.

- La condition de résistance au cisaillement

$$2,67 \leq 150 \text{ N/mm}^2$$

Les matériaux recommandés pour les clavettes doivent avoir une charge de rupture supérieure à 600 N/mm²

Les contraintes de cisaillement admissible variant généralement en fonction des types d'assemblage et de l'allure de la charge

$$\sigma_{\text{mat}} = 150 \text{ N/mm}^2 \text{ pour acier doux et fonte}$$

$$\sigma_{\text{mat}} = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ pour acier coulé}$$

II.2 Généralité sur les aciers

II.2.1 Définition de l'acier

On appelle acier, l'alliage ferreux contenant moins de 2,06 % de carbone sous forme de cémentite.

Le fer, principal constituant de l'acier, a comme caractéristique de posséder deux structures cristallines différentes. Tous les atomes de fer sont sphériques et jointifs. Ils se présentent sous forme d'empilements réguliers dont le motif de base est la maille. Ces empilements prennent le nom de réseau [8].

II.2.2 Classification des aciers

II.2.2.1 Aciers alliés

Ce sont des ferro-alliages, c'est à dire des alliages fer-carbone contenant au moins un troisième élément d'alliage en quantité suffisante pour avoir une modification sensible d'une ou de plusieurs propriétés de l'acier [9].

a) Les aciers fortement alliés

Ce sont des aciers dont lesquels un au moins des éléments d'alliage renferme une teneur supérieure à 5%. Ils sont désignés par :

- La lettre X (Z pour l'ancienne norme).
- La teneur moyenne en C exprimés en centièmes pourcent
- La série des symboles normalisés des éléments alliés rangés par teneurs décroissantes
- Les teneurs pour cent d'une partie des éléments rangées dans le même ordre et sans coefficient multiplicateur [10].

Exemple

X 5 Cr Mo 17-12 : acier fortement allié contenant 0,005% de carbone, 17 % de 12 % de nickel, des traces de molybdène

b) Les aciers faiblement alliés

Ce sont des aciers dont lesquels aucun élément d'addition n'atteint 5% en masse ces aciers sont désignés par :

- Les nombres égaux aux teneurs moyens en carbone en centièmes pour cent (100 fois la teneur en %)
- Une série de symboles normalisés correspondant aux éléments alliés rangés par teneurs décroissantes, ne sont énumérés que les éléments nécessaires pour éviter toute ambiguïté.
- Un(ou deux) nombres indiquant la teneur des éléments principaux est obtenus en

multipliant la teneur en % :

- Par 4 pour Cr, Co, Mn, Ni et Si.
- Par 10 pour tous les autres (à l'exception de B et N à multiplier par 1000 et 100) [10].

II.2.2.2 Aciers non alliés

Les aciers non alliés sont les plus utilisés en construction mécanique et métallique (construction automobile, structure métallique, ferroviaire, navale..). Ils sont disponibles sous forme laminés marchands (tôle, profilé, bar, poutrelles...) et peuvent être assemblés ou soudés. Suivant leur usage, on désigne les aciers non alliés de type S, E ou de type C [11].

a) Acier de type S ou E

Les aciers de type S ou E sont des aciers d'usage général S ou utilisés en construction mécanique E

- **Désignation normalisée**

La lettre S ou E est suivie d'un nombre représentant la limite élastique en MPA (N/mm^2)

Exemple

S185 ($Re=185MPa$)

Lorsqu'on rajoute la G il s'agit d'un acier de moulage

Exemple

GS355 ($Re= 355MPa$) et moulé

b) Aciers de types C

Les aciers de type C sont adaptés aux traitements thermiques et au forgeage si le pourcentage de carbone est supérieur à 0,3%.

- **Désignation normalisée**

La lettre C suivie de 100 fois le pourcentage de la teneur en carbone.

Exemple

C55 (0,055% de carbone)

GC80 (0,8% de carbone) et moulé

II.2.3 La fiche technique de l'acier 42Cr Mo 4**II.2.3.1 Normalisation**

La norme de l'acier 42 Cr Mo 4 est représentée dans le tableau ci-dessous

Tableau II.12. Les normes de l'acier 42 Cr Mo 4.

AFNOR	DIN	AISI	NF EN 10027-1
42 CD 4	42 Cr Mo 4	4140	42CrMo4 (1.7225)

II.2.3.2 Caractéristiques

Acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu.

Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité.

II.2.3.3 Domaines d'applications

Acier très employé en mécanique, pour des pièces de moyennes à fortes sections : arbres, essieux, crémaillères, vilebrequins, bielles, engrenages. Cet acier est parfois utilisé pour des pièces trempées superficiellement.

II.2.3.4 Composition chimique en % [12]

Composition chimique de l'acier 42 Cr Mo 4 est représentée dans le Tableau ci-dessous :

Tableau II.13. Composition chimique de l'acier 42 Cr Mo 4.

C	Cr	Mo	S	Mn	P	Si
0,38-0,45	0,90-1,20	0,15-0,30	≤ 0,035	0,60-0,90	≤ 0,035	0,40 max

II.2.3.5 Caractéristiques mécaniques moyennes [12]

Les caractéristiques mécaniques de l'acier 42 Cr Mo 4 est représentée dans le Tableau ci-dessous

Tableau II.14. Caractéristique mécanique de l'acier 42 Cr Mo 4.

Rm N/mm ²	Re N/mm ²	A %	Dureté HRC
750 / 1300	500 / 900	10 / 14	27 - 48

II.3 Les traitements thermiques des aciers

II.3.1 Définition

Les traitements thermiques sont des opérations de chauffage et de refroidissement qui ont pour but de donner à une pièce métallique les propriétés les plus appropriées pour son emploi ou sa mise en forme. Ils permettent d'améliorer dans une large mesure les caractéristiques mécaniques d'un acier de composition déterminée. Toute utilisation rationnelle d'un alliage implique un traitement thermique approprié. D'une façon générale, un traitement thermique ne modifie pas la composition chimique de l'alliage mais apporte les modifications suivantes :

- Constitution (état de carbone et forme allotropique du fer)
- Structure (grosseur du grain et répartition des constituants)
- Caractéristiques mécaniques.

Les principaux traitements thermiques utilisés en industrie sont la trempe et le revenu [13].

II.3.2 Traitements thermiques dans la masse

Dont le but est de conférer les propriétés recherchées dans toute la masse de la pièce, les principaux traitements thermiques sont : la trempe, le revenu et le recuit [14].

II.3.2.1 La trempe de l'acier

La trempe est un traitement thermique qui consiste à :

- Chauffer l'acier à une température d'austénitisation égale à Ac_3+50 °C pour les aciers hypoeutectoïdes et Ac_1+50 °C pour les aciers hypereutectoïdes
- Maintenir un certain temps à cette température afin de permettre aux transformations internes de se produire dans toute la masse.

- Refroidir suffisamment vite par immersion dans un fluide comme l'eau, l'huile et bain de sel ou en utilisant les brouillards qui sont des courants d'air contenant de gouttelettes d'eau en suspension (Figure II.21)

La trempe a pour but de donner à l'acier la plus grande dureté possible par formation martensite ou de la perlite fine [15].

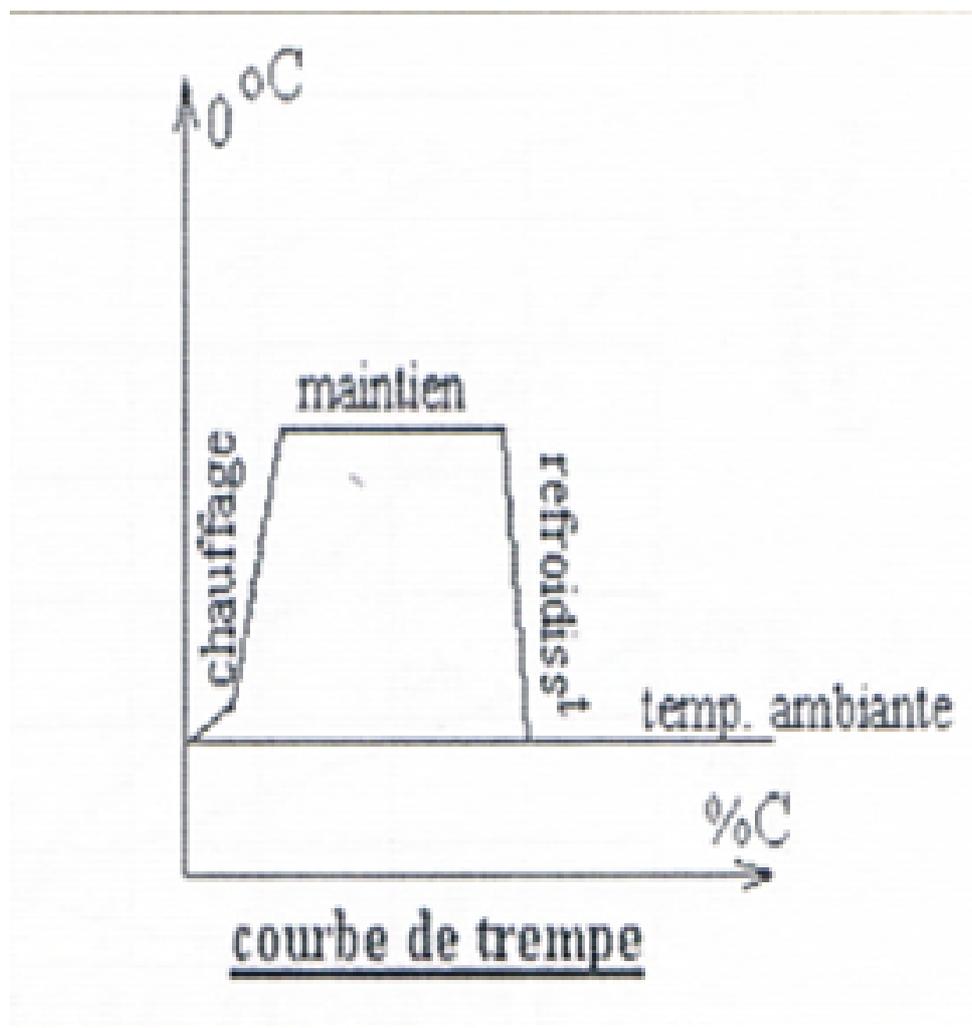


Figure II.21. Cycle thermique de trempe

II.4 La conception assistée par ordinateur CAO

II.4.1 Définition

Moyen d'aide à la conception d'un produit. La CAO est une technique dans laquelle l'homme et l'ordinateur sont rassemblés pour résoudre des problèmes techniques dans une équipe qui associe étroitement les meilleures qualités de chacun d'eux.

II.4.2 Choix du logiciel utilisé pour la simulation

Il faut savoir que les logiciels de conception et de calculs assistés par ordinateur sont très nombreux sur le marché. Les plus utilisés sont NASTRAN, CATIA, ABAQUS et SolidWorks.

Nous allons choisir (utiliser) le logiciel de conception assistée par ordinateur et d'analyse par (SolidWorks) ; ce choix est basé sur les points suivants :

- Disponibilité de ce logiciel.
- Notre flexibilité et maîtrise de ce logiciel.

II.4.3 Le logiciel SolidWorks

L'utilisation du logiciel SolidWorks a été choisie vu qu'il est capable de réaliser les différentes formes de notre différentiel, de plus il nous permet d'enregistrer le modèle sous les différents formats (DXF, STL, STEEP, IGES, etc.....).

SolidWorks est un outil de conception de modélisation volumique paramétrée basée sur des fonctions associatif.

Basé sur des fonctions, en effet un modèle SolidWorks est formé d'éléments individuels appelés fonctions. Ce sont des fonctions géométriques telles que les bossages, les enlèvements de matière, les perçages, les congés, les chanfreins.

II.4.3.1 Fonctionnement

SolidWorks est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types des fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

II.4.4 La simulation numérique

La simulation numérique, est une série de calculs effectués sur un ordinateur et reproduisant un phénomène physique. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'il s'était réellement déroulé.

Les calculs de simulation permettent de prédire le comportement du sujet étudié sans avoir à passer par la construction de prototypes ou la réalisation d'essais réels, coûteux et difficiles à mettre en place ; ce qui est un avantage essentiel en matière de coûts de production, notamment dans les domaines innovants.

II.4.4.1 Présentation de la simulation numérique

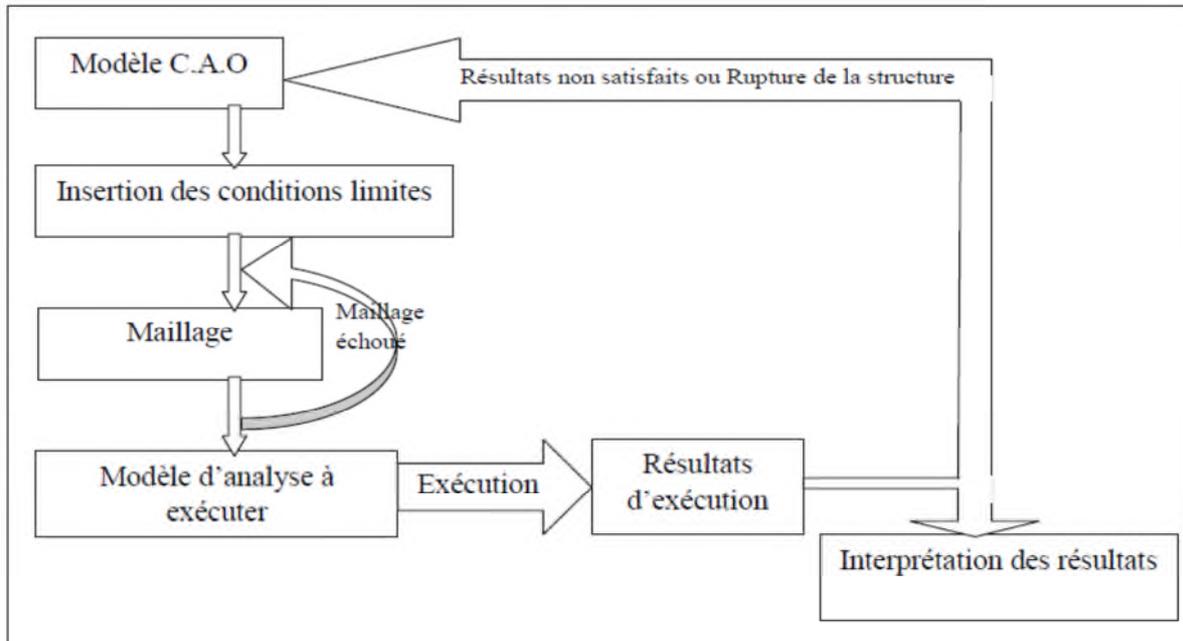


Figure II.22. Les processus de simulation

II.4.4.2 Les étapes à suivre pour notre étude de simulation

- Affectation du matériau (les propriétés physiques et mécaniques).
- Mise en place des conditions aux limites (déplacements imposés).
- Application des chargements.
- Maillage de la pièce.
- Exécution de l'analyse.
- Visualisation et analyse des résultats.

II.4.5 Analyse des résultats de simulation

a) Les déplacements imposés

Pour faire une étude de simulation, il est nécessaire de définir les déplacements pour indiquer au logiciel l'emplacement de l'équilibre statique, pour cela, nous avons imposé des fixations au niveau de la surface (32.3mm) comme montre la Figure suivante

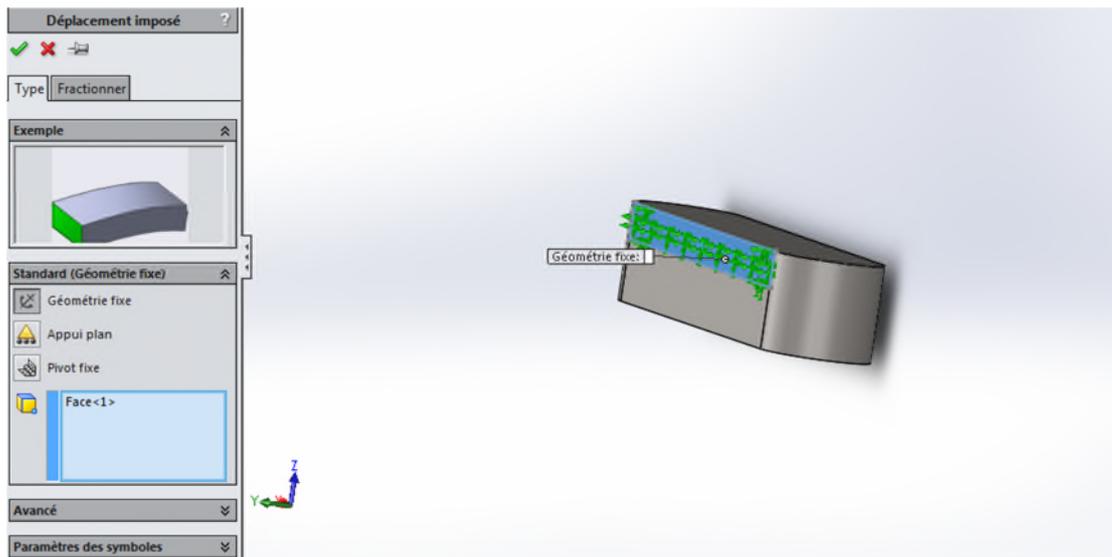


Figure II.23. Les déplacements imposés.

b) Application du chargement

Le chargement qu'on va appliquer est de **855,83N**, le chargement sera appliqué uniformément sur une surface de (32.4 mm), on prend cette surface comme le cas le plus critique qui montre la Figure suivante.

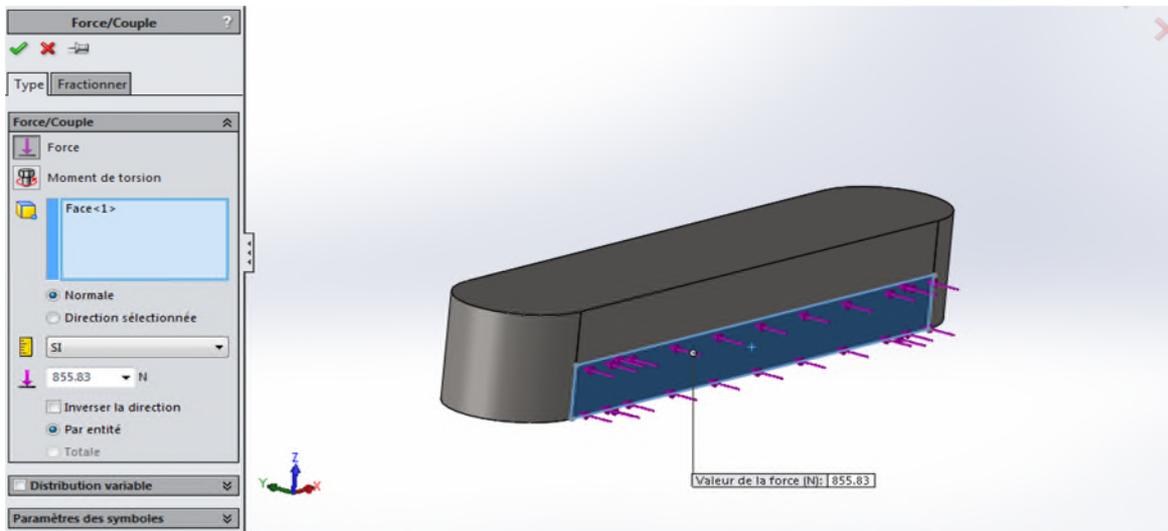


Figure II.24. Application du chargement

c) Affectation du matériau

Après la définition des chargements nous avons défini le matériau, qui' est le 42CrMo4

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2.100000031e+011	N/m ²
Coefficient de Poisson	0.28	S.O.
Module de cisaillement	7.9e+010	N/m ²
Masse volumique	7800	kg/m ³
Limite de traction	1000000000	N/m ²
Limite de compression		N/m ²
Limite d'élasticité	750000000	N/m ²
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	/K
Conductivité thermique	14	W/(m·K)
Chaleur spécifique	440	J/(kg·K)
Rapport d'amortissement du matériau		S.O.

Figure II.25. Propriété de l'acier 42CrMo4

d) Application du maillage

Après les déplacements imposés et les chargements, nous allons procéder au maillage volumique de la structure.

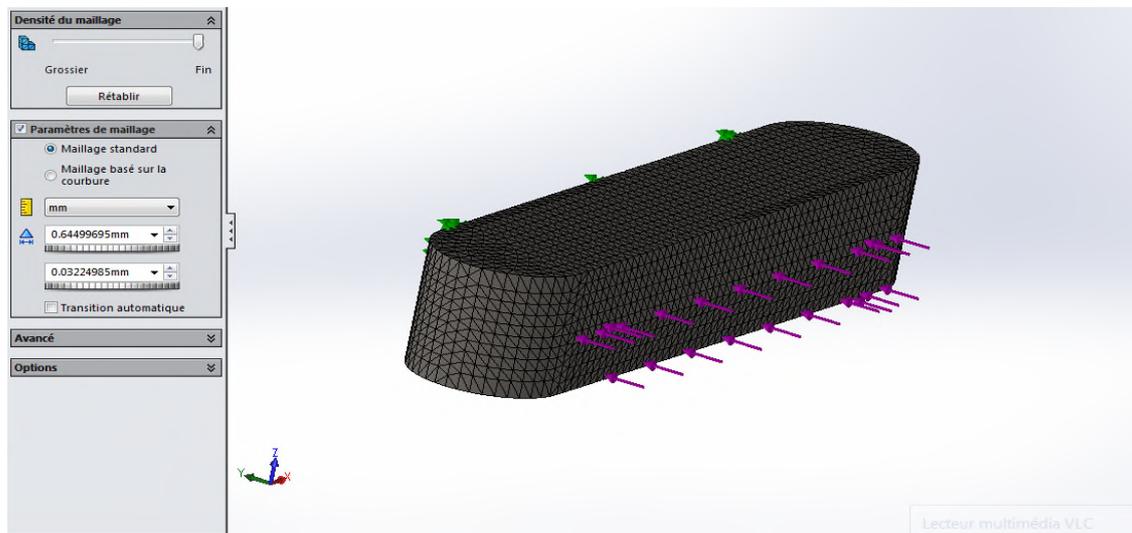


Figure II.26. Création du maillage type standard sur l'ensemble de la pièce étudiée, à gauche de la figure les caractéristiques du maillage sur le logiciel SolidWorks

Le Tableau suivant indique les détails du maillage type standard triangulaire, de la pièce étudié ou nous remarquons particulièrement un nombre de nœuds de 69268 et un nombre d'élément de 47574, l'homogénéité du maillage avoisine les 99%.

Tableau II.15. Détails du maillage.

Non du détail	Caractéristique
Type de maillage	Standard, Triangulaire, Volumique
Nombre d'éléments	47574
Nombre de nœuds	69268
Homogénéité	99%
Temps de maillage	2 seconds

e) Distribution du coefficient de sécurité dans l'ensemble de la pièce

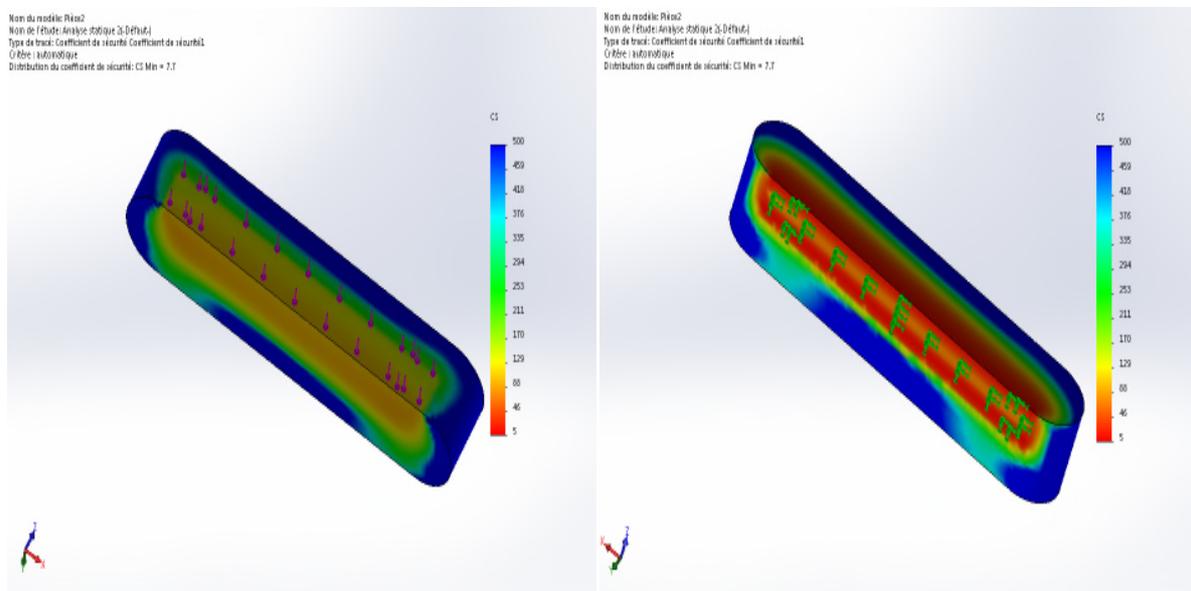


Figure II.27. Distribution du coefficient de sécurité obtenu dans l'ensemble de la pièce, après exécution du calcul.

La Figure II.27 montre la distribution du coefficient de sécurité dans tout le volume de la pièce allant de la valeur minimale (indiquée en rouge) qui est de 7,7, vers les valeurs maximale (indiquée en bleue) d'une valeur de 500, on remarque que la zone la plus sollicité ce situe au niveau du point de déplacements imposés indiqué à droite de la Figure.1, la valeur de 7,7 veut dire que la contrainte équivalente en cette zone est 7,7 fois inférieur à la limite d'élasticité du matériau choisi, nous pouvons dire que la résistance de notre pièce est bonne.

f) Distribution du champ de contrainte dans l'ensemble de la pièce

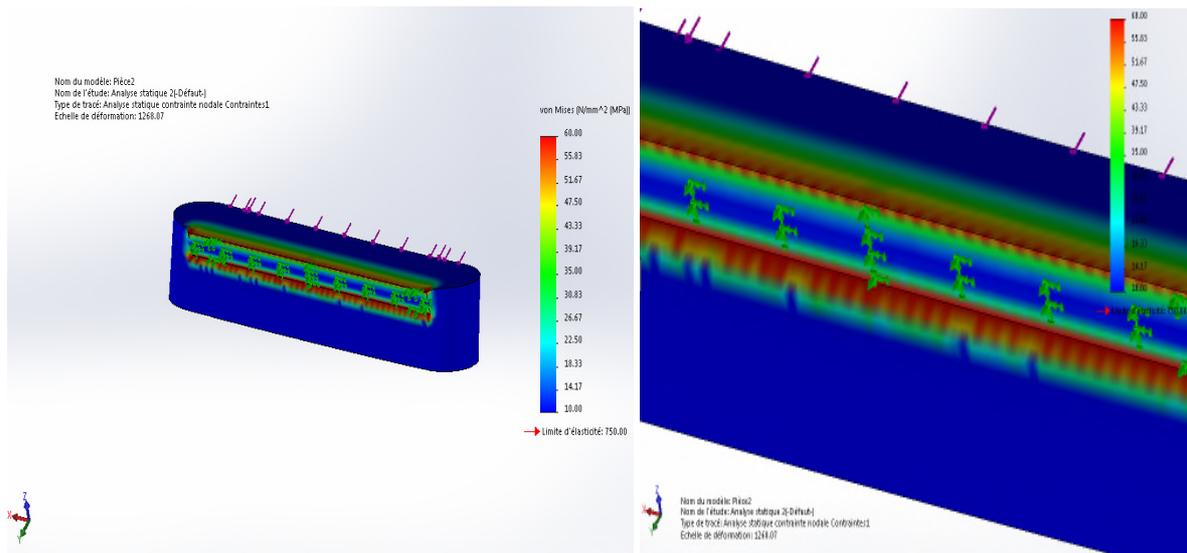


Figure II.28 Distribution du champ de contrainte dans l'ensemble de la pièce, après exécution du calcul.

La Figure II.28 indique la distribution du champ de contrainte sur tout le volume de la pièce allant de la valeur minimale (indiquée en bleu) qui est de 10 N/mm², vers la valeur maximale (indiquée en rouge) qui est de 60 N/mm². Nous remarquons que les zones les plus sollicitées se situent aux extrémités de la zone du déplacement imposé, précisément l'extrémité inférieure, donc notre pièce a plus de possibilité de se cisailée qu'a se maté.

Nous constatons que la limite d'élasticité du matériau utilisé (42CrMo4) 750 N/mm² est beaucoup plus grande que la valeur de contrainte dans les zones les plus sollicitées (60 N/mm²). Nous pouvons dire que la résistance de notre pièce est bonne.

III. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons parler sur les différents étapes que nous avons suivis afin de réaliser notre clavette parallèle de type A à l'aide de certains outils et méthode de fabrication, sachant que l'ancienne clavette utilisés a une durée de vie de 168h.

III.1 Préparation de l'échantillon

III.1.1 Le découpage

Dans le but d'effectuer le traitement thermique dans l'étude du comportement de notre acier, un rond de l'acier 24CrMo4 de diamètre 50 mm et de longueur de 6000 mm à l'aide d'une scie, on a découpés un rond de 15 mm d'épaisseur au niveau du halle de technologie de l'université de Bejaia.



Figure III.1. Photo d'une scie.



Figure III.2. Barres d'acier disponible au hall technologie.

III.1.2 Le fraisage

Le fraisage consiste à usiner le rond obtenu au découpage pour obtenir un rectangle de 8 mm de section et 40 mm de longueur.



Figure III.3. Fraiseuse FV 1.6 de hall technologie.

III.1.3 Le meulage

Après l'obtention de notre pièce avec ces dimensions on passe à une autre étape qui se fait avec une meuleuse pour enlèvement de matière à fin d'obtenir des bouts arrondis



Figure III.4. La meuleuse.

III.2 Exécution de traitement thermique

III.2.1 La trempe

La pièce obtenue dans le fraisage nous l'avons mis à une température de 850 °C, pour une durée de 20mn.



Figure III.5. Photos du four des traitements thermiques au hall de technologie.

Après avoir chauffé la pièce, on l'a mis dans l'huile pendant 20mn.



Figure III.6. Bassin à l'huile.

III.3 Le Polissage

Le polissage consiste à rendre la surface de l'échantillon plus brillant et sans rayures dans le but de réaliser un bon polissage, on a procédé comme suite un touret sous eau et des abrasifs de plus en plus fin de granulométrie 180, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000.



Figure III.7. Photo d'une polisseuse METASERV 2000.

- **L'instrument de mesure**

A l'aide d'un palmer, on a pu mesurer la pièce pour avoir les dimensions voulues



Figure III.8. Photo d'un palmer.



Figure III.9. Pièce final (la clavette parallèle).

La Figure III.9 montre la clavette fabriquée dans le hall de technologie après avoir suivis toutes les étapes mentionnées dans ce chapitre.



Figure III.10. L'état de la clavette durant 168h de travail.

Cette photo a été prise après un cycle de maintenance, on remarque que la clavette est en bonne état pour un deuxième cycle, par contre l'ancienne clavette doit être remplacée après un cycle de maintenance.

Conclusion générale

Le stage pratique que nous avons fait au sein de l'entreprise DANONE DJURDJURA nous a permis de suivre un service de maintenance au cours de ces opérations et interventions d'inspection ou de réparation des différentes machines. Durant cette période nous avons constaté une non-concordance entre les fiches de maintenance et le contrôle de la clavette reliant le moteur et le réducteur de la presse de soudure, on a pu constater que la durée de vie de cette dernière est beaucoup plus longue que celle utilisée dans l'entreprise DANONE. Cela confirme la pertinence de l'étude technologique de la presse de soudure que nous avons effectuée au début de ce travail.

Nous avons fait une étude approfondie sur cette pièce maîtresse utilisée dans le blocage en rotation entre un arbre de transmission et une poulie de manière générale.

Nous avons commencé par vérifier le dimensionnement de la clavette utilisée ou nous avons constaté qu'elle ne présente pas de problème de dimension.

Par la suite nous avons consulté des livres de normalisation afin de choisir à la fois un matériau adéquat à la fois disponible à notre niveau, le choix est fait sur le 42CrMo4, un acier recommandé par des fiches techniques parlant des clavettes et leur fabrication.

Nous avons fabriqué une clavette normalisée en terme de matériau, dimension, traitement thermique, rectification et contrôle métrologique.

Notre clavette est mise en service par l'équipe de maintenance avec qui nous avons travaillé. Elle a présenté un rendement bien plus supérieur à celle fabriquée et livrée par les fournisseurs à DANONE DJURDJURA à Akbou.

NOTICE D'ENTRETIEN												
2018 L2 / SNA 17												
N°	Libellé	Matière	Unité	Quantité	Description	Durée		Cycles				Observations
						Heures	Minutes	Années	Mois	Jours	Heures	
PRESSE DE SOUDURE												
X	X	SOUDURE	Déboucher le circuit de refroidissement	1	II	0,25	600					
X		SOUDURE	Vérifier le galet de came 446001070 (01) NADELLA FGL 60 110 36.EMM	1	II	0,25	600	0				
	X	SOUDURE	Remplacer les roulements SKF 22211CCK (02)	2	II	4	7500	1		1		
X		SOUDURE	Vérifier le niveau d'huile réducteur et faire l'appoint si nécessaire.	1	II	0,25	600	0				
X		SOUDURE	Vérifier les rondelles ressorts 690009004 (24)	1	II	0,16	600	0				
X		SOUDURE	Vérifier les ressorts de rappel	1	II	0,16	600	0				
	X	SOUDURE	Remplacer le galet de came 446001070 (01) NADELLA FGL 60 110 36.EMM	1	II	1	3500	1				
	X	SOUDURE	Remplacer l'axe de galet 021999678 (01)	1	II	1	3500	1				
X		SOUDURE	Vérifier que l'axe de galet est bien arrêté en rotation et parfaitement lubrifié.	1	II	0,25	600	0				
X		SOUDURE	Contrôler le bon serrage des brides de cames.	1	II	0,25	600	0				
X		SOUDURE	Vérifier que les joints d'étanchéité des bagues sont en bon état 479019063 (02)	1	II	0,16	3500	1				
	X	SOUDURE	Remplacer les rondelles ressorts 690009050 (24)	1	II	1	10000	2				
	X	SOUDURE	Remplacer les ressorts de rappel 688003024 (04)	1	II	1	10000	2				
	X	SOUDURE	Remplacer les coussinets 265008008 (04)	2	II	2	10000	2				
	X	SOUDURE	Remplacer l'électrode de soudure	2	II	3	10000	2				
X	X	SOUDURE	Vérifier et remplacer si nécessaire la clavette du moteur 232000036 (01)	1	II	0,5	600	0				25
X		SOUDURE	Vérifier l'état de l'arbre moteur 012000256 (01)	1	II	1	1250	0				
	X	SOUDURE	Remplacer le moteur 525000026 (01)	2	II	2	10000	2				
	X	SOUDURE	Remplacer la came 205000118 (01)	2	II	4	20000	3				
	X	SOUDURE	Remplacer le réducteur 679000036 (01)	2	II	1						
X	X	SOUDURE	Vidanger l'huile du réducteur presse soudure	1	II	0,5	10000	2				
X		SOUDURE	Ouvrir la plaque à borne du moteur et vérifier le serrage des bornes électrique	1	II	0,5	1250	0				
X	X	SOUDURE	Vérifier et remplacer si nécessaire la clavette de la came 232000054 (01)	1	II	0,5	1250	0				
	X	SOUDURE	Vérifier et remplacer si nécessaire la clavette de la came 232000056 (01)	1	II	0,3	600	0				
X		SOUDURE	Vérifier les boulons de fixation support moteur	1	II	0,5	600	0				
	X	OUTIL	Nettoyer l'électrode de soudure avec une brosse métallique à polis en laiton.	1	II	0,25	1250	0				
X		OUTIL	Contrôler la planéité de l'électrode et de la contre électrode.	1	II	1	2000	0				
X	X	OUTIL	Vérifier et changer si besoin la butée 093000382 (01)	1	II	1	10000	2				
X	X	OUTIL	Vérifier et changer si besoin les coussinets 265009015 (04)	2	II	2	10000	2				
X	X	OUTIL	Vérifier et changer si besoin les bagues d'arrêt 050001058 (02)	2	II	2	10000	3				
X	X	OUTIL	Vérifier et remplacer si nécessaire les isolants entre la plaque à borne crayons chauffant et l'électrode	1	II	1	1250	0				
X		OUTIL	Vérifier le serrage des connexion électrique des crayons chauffant	1	II	0,25	1250	0				

Vérifier que aucun, outil de travail et aucun corps étranger laissé sur le lieu de l'intervention :

visa resp maintenance :

Annexe 1. Le plan de maintenance de la machine ERCA 320

42 CD 4

AFNOR	DIN	AISI	NF EN 10027-1
42 CD 4	42 Cr Mo 4		42CrMo4 (L7225)

Composition chimique en %

C	Cr	Mo	S	Mn	P	Si
0,38 - 0,45	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30	≤ 0,035	0,60 - 0,90	≤ 0,035	0,40 Maxi

Propriétés

Acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu.
Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité.

Domaines d'application

Acier très employé en mécanique, pour des pièces de moyennes à fortes sections : arbres, essieux, crémaillères, vilebrequins, bielles, engrenages.
Cet acier est parfois utilisé pour des pièces trempées superficiellement.

Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu)

Rm N/mm ²	Re N/mm ²	A %	Dureté HRB
750 / 1300	500 / 900	10 / 14	

Livraison

Ronds prétraités rectifiés tolérance h7
Ronds prétraités laminés à usinabilité améliorée XM (C18)
Ronds prétraités laminés conventionnels
Laminés : carrés, plats, tôles

Bibliographie

- [1]Manuelle de la machine ERCA OYSTAR Erca-Formseal.
- [2] DR: AMEUR TOUFIK, Cours Construction Mécanique 1, université kasdi merbah Ouargla 2016.
- [3] G.R. NICOLET, Conception et calcul des éléments de machine Volume I. Ecole d'ingénieurs de fribourg (E.I.F.), section de mécanique, revu en juin 2006.
- [4] Y. QIAN — Z. XIONG — D. Picard, formulaire de mécanique pièce de construction, ÉDITIONS EYROLLES 61, bld Saint-Germain 75240 Paris Cedex 05, 2001.
- [5] J.F. DEBONGNIE, Eléments de machine Volume II, 14 décembre 2012.
- [6] MICHEL OUBLIN ET COLL, Système mécanique théorie et dimensionnement,2005.
- [7] DUNOD.CHRISTAIN ELOY, Aide mémoire conception et construction mécanique, 1981.
- [8] RAYMOND LANGEVIN, Guide d'auto –apprentissage pour les operateurs en traitement thermique, 2015.
- [9] A. CONSTANT, G. HENRY et J. C CHARBONNIER, principes de base des traitements Thermiques thermomécanique et thermochimiques des aciers "Edition PYC, 1992.
- [10] J-BARRALIS et G-MAEDER, précis de métallurgie, élaboration, structure, propriétés et normalisation, édition Nathan, 1983.
- [11]PASCAL LUSSIER, <<Construction mécanique et dessin industriel>> 2012.
- [12] fiche technique de l'acier 42CrMo4, MDS, métaux détail service, www.métaux-detail.com.
- [13] Livre des matériaux, éditions des écoles polytechniques de Montréal 2eme éditions J.M.DORLOT, J.P.BAILIAN, J.MASCUNARE.
- [14] MICHEL BURCKEL,"Traitement thermique des aciers". Edition du renouveau pédagogique INC, 1985.
- [15] J.M. DORIOT, J.R. BAILON et J.MASOUNAUE, Des matériaux ". 2em Edition.1985. Ecole polytechnique de Montréal.

Résumé

Durant notre stage au sein de l'entreprise DANONOE DJURDJURA, nous avons constaté on consulte la fiche technique de maintenance que y a une panne récurrente entre moteur et réducteur au niveau de la clavette dans la presse de soudure de la machine ERCA. comme solution nous avons commencé par faire une recherche sur les clavettes pour fabriquer une plus résistante au cisaillement, ensuite nous avons choisi un acier plus utiliser dans ce domaine de transmission de mouvement qui est le 42CrMo4, puis nous avons commencé la fabrication d'une clavette normalisée en terme de matériau, dimension, traitement thermique, rectification et contrôle métrologique.

Abstract

During our internship in the company DANONOE DJURDJURA, we found that we consult the technical sheet of maintenance that there is a recurrent breakdown between motor and reducer at the key in the welding machine ERCA machine. as a solution we started by doing a search on the keys to make a more shear resistant, then we chose a steel more use in this area of motion transmission which is the 42CrMo4, then we started making a key standardized in terms of material, dimension, heat treatment, grinding and metrological control.