

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

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

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONCEPTION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

PAR :

BARECHE HAMANA

SALHI LOTFI

Thème

**Etude et dimensionnement du système d'alimentation de la machine
à façonner le carton ondulé.**

Application général emballage d'Akbou

Devant le jury composé de:

Président : M^r.hamri

Rapporteur : M^r Hadjou Madjid

Examinatrice : M^{lle} Adjouadi

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2016-2017

Remerciements

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, le courage et la patience et la force pour réaliser ce modeste travail.

Ces quelques lignes ne pourront jamais exprimer la reconnaissance que nous éprouvons envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué, par leurs conseils, leurs encouragements à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur Hadjou Madjid pour sa disponibilité, ses orientations, ses précieux conseils et le temps qu'il nous a consacré.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mazouzi Nassim pour sa disponibilité, le temps qu'il nous a consacré et ses orientations à l'entreprise Général emballage.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury d'avoir consacré de leurs précieux temps pour étudier ce travail.

Bareche Hamana et Salhi Lotfi

Dedicate

I dedicate this work:

Specially for my dear parents

For my brothers

For my sisters

For my wife Kahina

For my nephews Lounes, Massi, Anis,

For my nieces Karina, Kenza, Silya

For my best spy Sara and best friend AKO

For all my friends

Bareche Hamana

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers frères et sœurs.

A tous mes cousins.

A toute la promotion Génie Mécanique 2017.

A mon ami Mizou.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Salhi lotfi

Liste des figures	i
Liste des tableaux	iii
Introduction générale	iv

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.1-Introduction :	1
I.2- Historique :	1
I.3-Capacité de production de la SARL Général Emballage :	1
I.4 situation géographique :	2
I.5-plan de masse :	3
I.6-Organisation de Général Emballage :	4
A. La direction générale de la société :	4
B. La direction technique :	4
C. La direction commerciale :	4
I.8-Organisation du département maintenance :	4

Chapitre II : Généralités sur la machine onduleuse

Introduction	9
Partie I : L'onduleuse	9
 La PBM (porte bobine Medesa)	10
 Postes double face	12
 la table chauffante.....	12
 La découpeuse auxiliaire MEDESA (CRM 350)	13
 La coupeuse longitudinale (CLM 350).....	14
 La table montante descendante (l'empiler SRM 350).....	14
Partie II : la colleuse.....	15
II.1.Description de la colleuse	15

II.2. Gabarit de la machine.....	16
II.3. Les éléments qui Composent la machine	16
II.4. Description des composants	17
1) Bancades.....	17
2) Humidificateur internes de la machine:.....	17
3) Pré conditionneur avec enveloppante de diamètre 600	17
4) Préchauffeur de 400 mm de diamètre.....	18
5) Groupe aspiration vacuum.....	18
6) Ventilateur d'aspiration de vacuum.....	19
8) Cylindres onduleurs cassette	19
9) Chariot autonome support cassette.....	20
10) Presse lisse (cylindre de pression).....	21
11) Groupe encolleur	23
12) Cylindre doseur de colle.....	24
13) Cylindre Encolleur	25
14) Grattoir cylindre doseur	25
15) Grattoir cylindre encolleur	26
16) Réservoir de colle (imitateurs)	26

Chapitre III : Le carton ondulé

Introduction	28
III.1 Le carton ondulé.....	28
III.2 Les types de carton ondulé	28
III.2.1 Le simple face.....	28
III.2.2 Le double face	28
III.2.3 Le double-double	29
III.2.4 La triple cannelure	29

III.3 Composants	30
III.3.1 Couvertures:.....	30
III.3.2 Cannelures:	30
III.3.3 Colles	31
III.3 Fabrication du carton ondule :.....	32
III.3.1 Onduleuse :	32
II.4 La transformation du carton ondule.....	35
II.4.1 la Transformation.....	35
II.4.2 Impression.....	35
II.4.3 Types d'impression.....	35
II.4.4 Procédés d'impression.....	36
II.4.5 Les différents articles	38

Chapitre IV : Dimensionnement de système de transmission

Introduction sur la transmission de puissance.....	41
IV.1. Transmission par poulie et courroie	41
IV.2. Les différents types de courroies	42
IV.2.1 La courroie crantée (ou synchrones)	43
IV.2.2 Les caractéristiques de la courroie trapézoïdale crantée synchrone	44
IV.3. Calcul sur les courroies crantées	46
IV.4. les avantages et les inconvénients de courroies	49
IV.5. Matériaux des courroies	50
IV.6. But du projet	51
IV.7. Calcul de vérification de l'effort admissible par la courroie	52
IV.7.1. Type de courroie utilisée	52
IV.8. caractéristiques du moteur d'entraînement	53
IV.9. calcul de la force tangentielle transmise par la courroie utilisée	53

IV.10. dimensionnement du système complet de la transmission	56
Conclusion générale.....	61
Références bibliographiques	

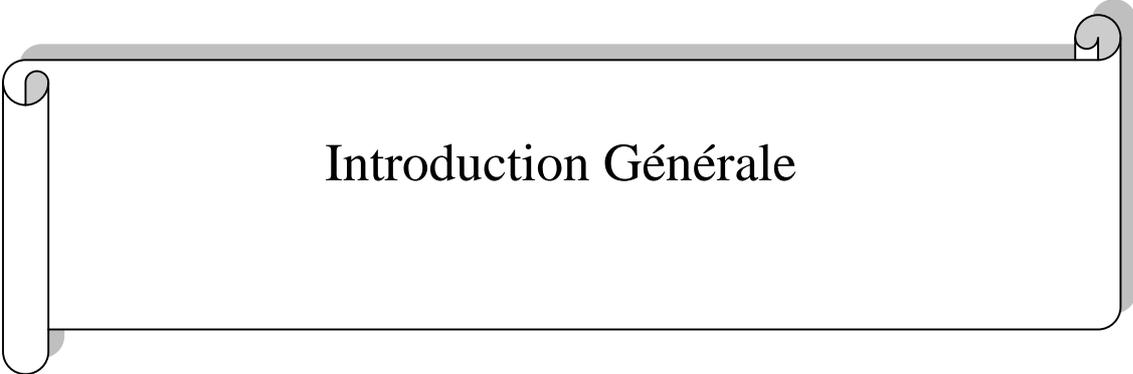
Liste des figures

Figure I. 1: situation géographique.....	2
Figure I. 2: plan de masse	3
Figure I. 3: organigramme d'organisation de « Général Emballage »	7
Figure I. 4: organigramme de la maintenance.....	8
Figure II. 5: la ligne onduleuse	9
Figure II. 6: la PBM 350 porte bobines.	10
Figure II. 7: la simple face type COM VFL.....	11
Figure II. 8: la machine EDM 350	12
Figure II. 9: la CRM 350 (découpeuse auxiliaire).....	13
Figure II. 10: la table chauffante.....	13
Figure II. 11: image montrant une découpeuse transversale.....	14
Figure II. 12: la couleuse type COM 350	15
Figure II. 13: vue d'une colleuse.	16
Figure II. 14: composants de l'encolleuse.	16
Figure II. 15 : un pré conditionneur de diamètre 600 mm	18
Figure II. 16: image d'un ventilateur d'aspiration	19
Figure II. 17: les cylindres onduleurs	20
Figure II. 18: chariot autonome.	20
Figure II. 19 : presse lisse.	22
Figure II. 20 : vue d'un groupe encolleur.	24
Figure II. 21 : image d'un grattoir	25
Figure II. 22 : Le réservoir de colle	26
Figure III. 23: profil de cannelure.....	31
Figure III. 24: processus de fabrication de carton sur l'onduleuse	32
Figure III. 25. a: principe de fabrication.....	33
Figure III. 25. b : descriptif du poste simple face.....	33
Figure III. 26: schéma des coupes de la Mitrailleuse.....	34
Figure III. 27: dessin de définition de la coupeuse transversale.....	35
Figure III. 28: flexographie.....	37
Figure III. 29: offset.....	37
Figure II. 30: un slotter.....	39
Figure III. 31: caisses développées (différentes parties et cote de fabrication).....	40

Figure III. 32(a, b): assemblage de caisses en carton.....	40
Figure IV. 33: principe d'une transmission par poulie et courroie.....	41
Figure IV. 34: système de transmission par courroie crantée.....	43
Figure IV. 35: caractéristique des courroies crantées.....	44
Figure IV. 36: Description des éléments d'une courroie.....	45
Figure IV. 37: courroie droite.....	47
Figure IV. 38: courroie croisée.....	48
Figure IV. 39: image de la courroie HTD 1304-8M.....	52
Figure IV. 40: schéma de transmission de puissance par poulie et courroie.....	56

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Capacité de production de la SARL Général Emballage.....	1
Tableau III. 2 : différents types de cannelure.....	30
Tableau IV. 3 : les différents types de courroies	42
Tableau IV. 4 : caractéristique de la courroie trapézoïdale synchrone	45
Tableau IV. 5 : caractéristique de la courroie.....	52
Tableau IV. 6 : caractéristique de moteur	53
Tableau IV. 7 : force tangentielle transmissible par l'armature	55
Tableau IV. 8 : caractéristiques des poulies.....	56
Tableau IV. 11 : Facteur de service K_s	58



Introduction Générale

Introduction générale

Dans notre pays, la concurrence a pris racine après l'adoption de l'économie de marché ; ce qui a fait appel au marketing par conséquent à une industrie d'emballage qui assure une bonne présentation du produit.

Dans le cadre de cette politique économique, les industries de l'emballage ont consacré tous les moyens pour le développement de cette industrie en faisant appel à des systèmes automatisés.

Le rôle de la machine d'alimentation en papier (onduleuse) est d'alimenter en papier ondulé à partir de trois bobines de papier différentes. La machine qui fabrique le carton ondulé à trois couches

Notre travail consistera à l'étude et le dimensionnement du système d'alimentation de la machine à façonner le carton.

La problématique, on constate des arrêts fréquents à cause de la rupture des courroies et leur durée de vie est limitée et c'est pour cela que nous allons examiner le système et vérifier la résistance de la courroie.

Afin de bien répondre à notre problématique, nous avons proposé les hypothèses suivantes :

- ✓ Le démarrage brusque peut provoquer le cisaillement de la courroie.
- ✓ Désalignements des poulies.
- ✓ La courroie choisie n'est pas adéquate.

Pour mener à bien notre travail, nous avons jugé utile de structurer notre travail en quatre chapitres, à savoir :

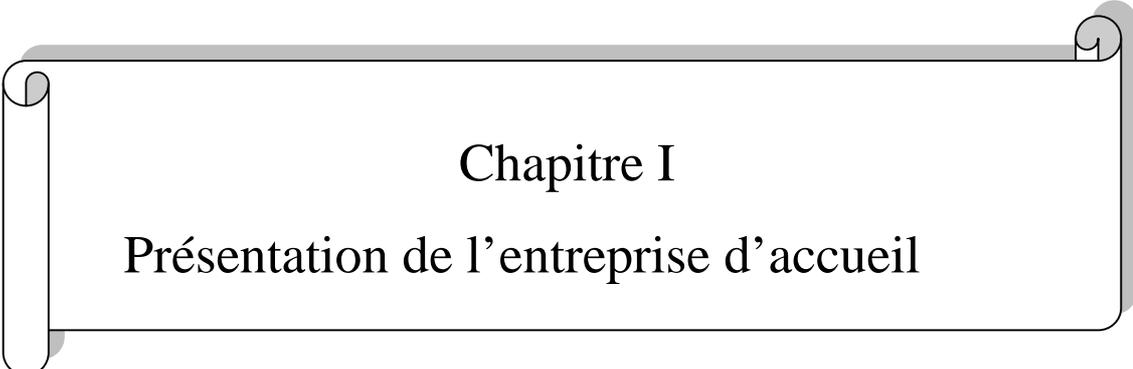
Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil la SARL générale emballage.

Le deuxième chapitre intitulé généralité sur la machine onduleuse est subdivisée en deux parties, dans la première partie nous présenterons la machine (onduleuse) une définition de l'onduleuse, les différentes sous-machines et composantes, son rôle et son principe de fonctionnement dans la deuxième partie nous allons mettre en évidence la COM VFL 350 : description de la COM, ces composantes, description des composantes et enfin le Principe de fonctionnement de l'encolleuse.

Le troisième chapitre est intitulé « le carton ondulé » : sera consacré à la description du processus technologique de fabrication du carton ondulé.

Le quatrième chapitre est conçu au dimensionnement du système de transmission de puissance par courroie crantée synchrone où nous allons examiner le système pour répondre à la problématique posée.

À la fin, on terminera par une conclusion générale.



Chapitre I

Présentation de l'entreprise d'accueil

I.1-Introduction :

Suite à la nouvelle politique économique adoptée par l'Algérie et qui encourage les investissements privés dans l'industrie, plusieurs entreprises privées sont nées. Et parmi elles, **Général Emballage**.

I.2- Historique :

Cette société de nature juridique SARL a été enregistrée à l'APSI en 1998.

Les travaux de construction de bâtiment débutent. En août 2000.

En 2002, les équipements de fabrication, importés d'Espagne, furent installés.

En juin de la même année, la société commence à fabriquer ces premiers produits.

A- Nature activée : la fabrication du carton ondulé, et sa transformation en emballage utilisé dans l'industrie alimentaire, électroménagère..... etc.

B-Nature du produit fabriqué : Parmi les produits fabriqués, on trouve :

- ✓ Plaque de carton ondulé
- ✓ Caisse à fond automatique
- ✓ Caisse télescopique
- ✓ Barquette à découpe spéciale
- ✓ Caisse américaine à rabat normalisé

C-Estimation et objectifs :

Les moyens installés permettent de faire face à la demande nationale en produit, et à fin d'augmenter ses capacités de production, l'entreprise a acquis une 4^{ème} ligne de transformation.

I.3-Capacité de production de la SARL Général Emballage :

Tableau I. 1: Capacité de production de la SARL Général Emballage [1].

Désignation	Capacités
Production ligne onduleuse	51.450 tonnes/Équipe/an 350m/minute
Production ligne de transformation (tous types de caisses et de barquettes)	14.646.000 caisses

I.4 situation géographique :

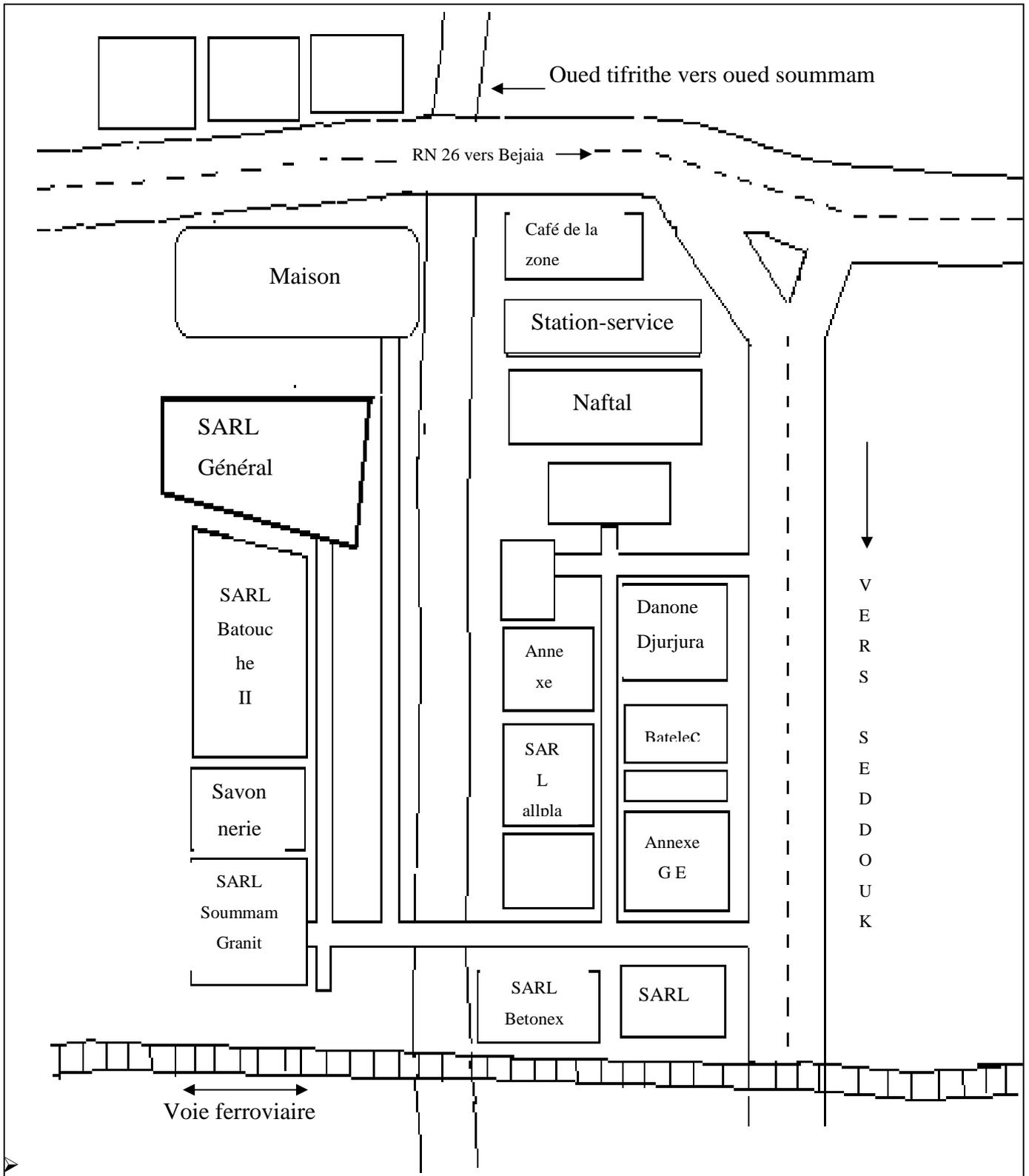


Figure I. 1: situation géographique

I.5-plan de masse :

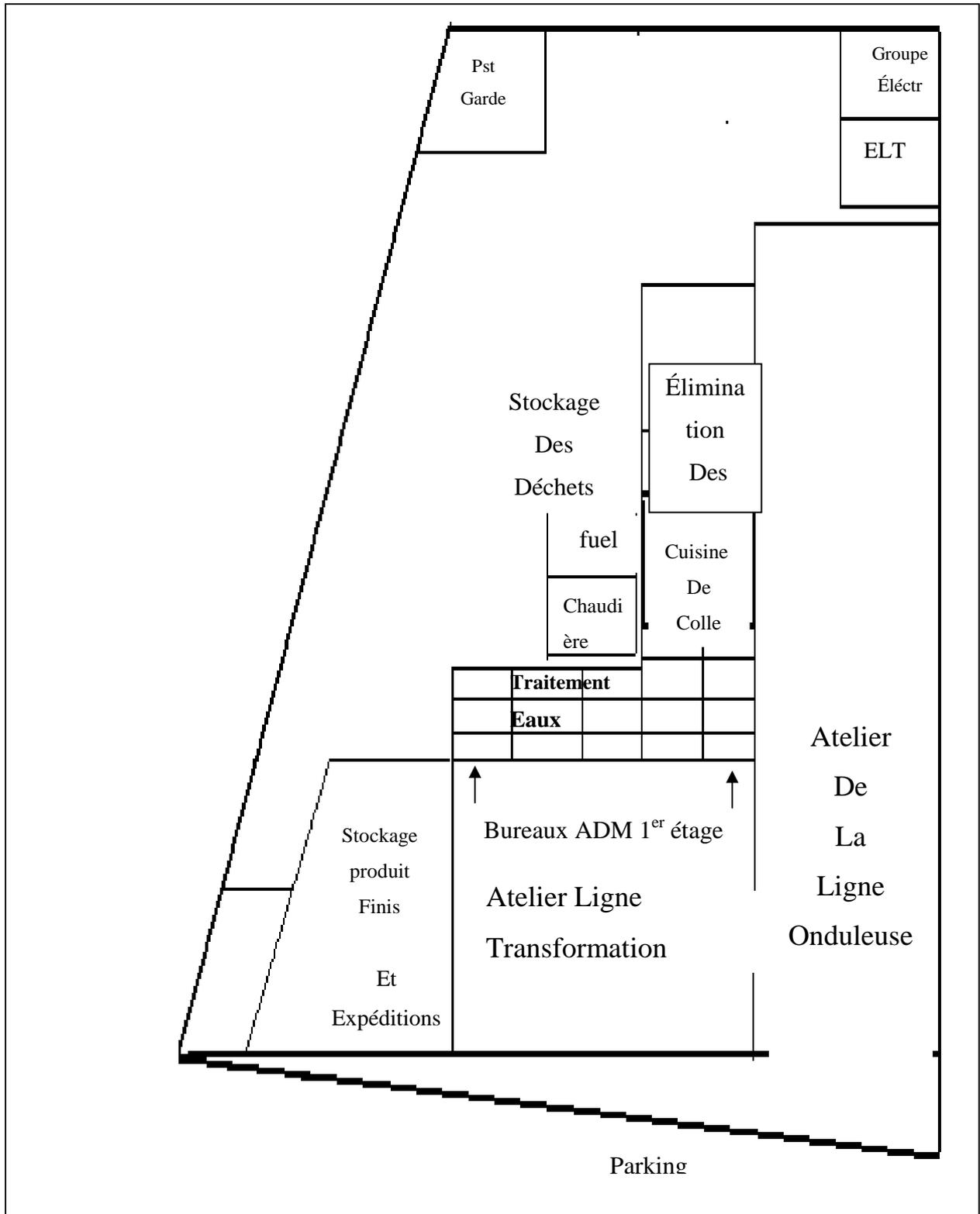


Figure I. 2: plan de masse

I.6-Organisation de Général Emballage :

La structure est comme suit :

A. La direction générale de la société :

- ✓ Service contrôle de qualité

B. La direction technique :

- ✓ Le département maintenance
- ✓ Le département de production
- ✓ Le département d'approvisionnement

C. La direction commerciale :

- ✓ Le département des ventes
- ✓ La direction administration générale
- ✓ La direction comptabilité et finance

I.7-Organisation de la direction technique

Elle est structurée comme suite :

A/Département de production :

- ✓ Ligne onduleuse
- ✓ Ligne transformation
- ✓ Département de colle

B/Département approvisionnement :

- ✓ Achat
- ✓ Gestion de stocks

C/Département maintenance :

- ✓ Service ordonnancement
- ✓ Service réalisation des travaux
- ✓ Service utilité

I.8-Organisation du département maintenance**À/les services ordonnancement :**

- ✓ Établir les plannings d'interventions.
- ✓ Réparti le personnel en fonction des travaux et du délai.
- ✓ Calcule le temps d'intervention.
- ✓ Suivre l'avancement des travaux.

B/Le service réalisation des travaux :

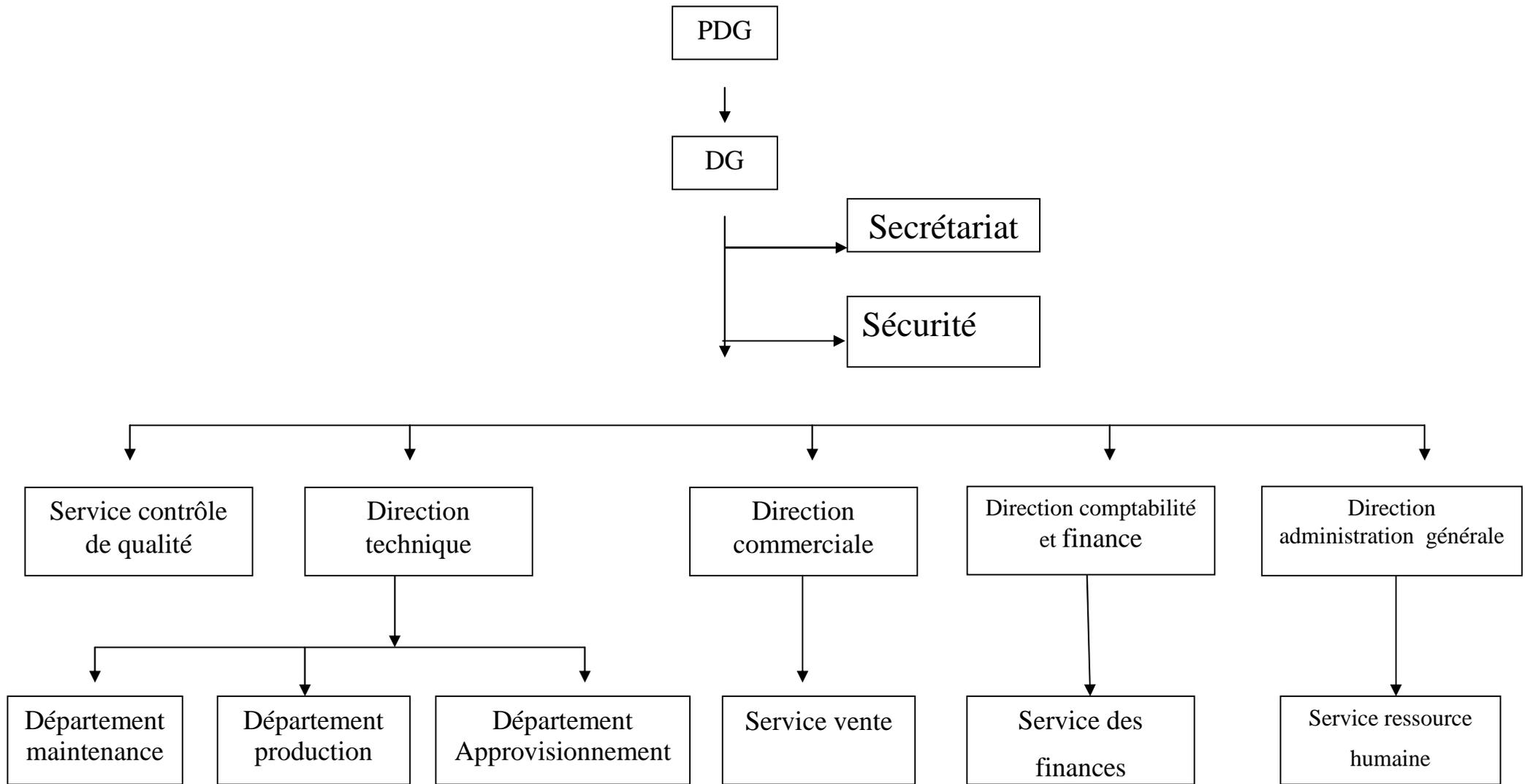
Il assure :

- ✓ L'installation des machines et du matériel et informe le personnel sur l'utilisation de l'équipement.
- ✓ La remise en marche après chaque intervention.
- ✓ L'établissement du diagnostic de défaillance.

C/Le service utilité :

Gère des énergies telles que :

L'électricité, le gaz, l'air comprimé, le fuel.



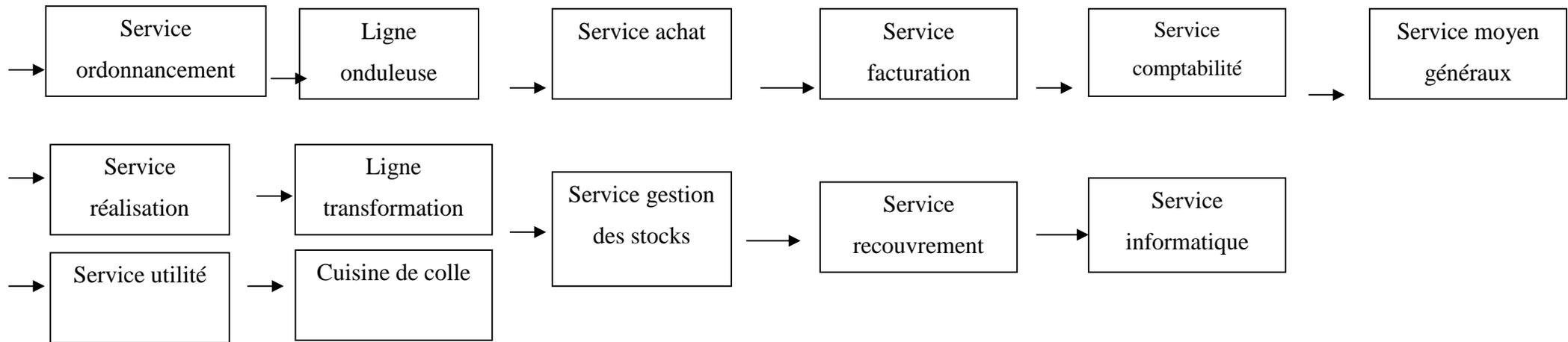


Figure I. 3: Organigramme d'organisation de « Général Emballage »

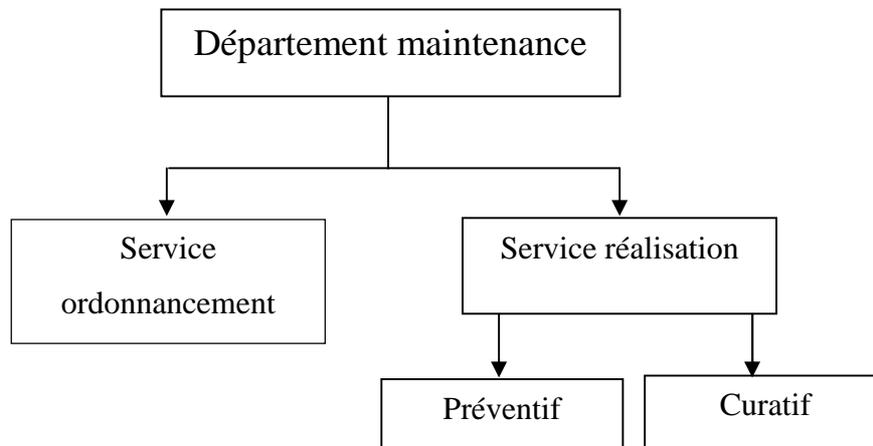
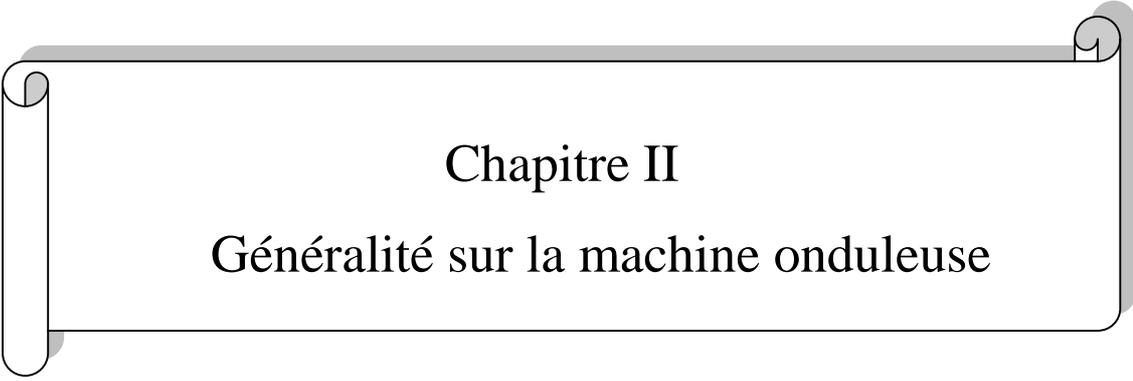


Figure I. 4: organigramme de la maintenance



Chapitre II
Généralité sur la machine onduleuse

Introduction

Une machine est un ensemble de mécanismes qui, disposés d'une certaine manière, permet de réaliser un travail.

Le mécanisme est l'ensemble des pièces mécaniques mises en mouvement en vue d'assurer le fonctionnement de la machine. Il permet de transmettre et de transformer le mouvement au sein de celle-ci.

Pour fonctionner, la machine a besoin d'énergie qui peut provenir de différentes sources: musculaire, solaire, éolienne, hydraulique, thermique et nucléaire.

Sans les mécanismes de transmission et de transformation de mouvement, l'énergie fournie ne pourrait pas être exploitée pour actionner la machine.

Partie I : L'onduleuse [1]

C'est une machine de production du carton ondulé à base de trois bobines de papier. Elle est de dimension de 125m de longueur et de 2 à 2.6m de largeur et qui produit en moyen 9000 m/h de carton (figure II.5).



Figure II. 5: la ligne onduleuse

Elle est composée des éléments suivant

✚ Le PBM (porte bobine Medesa) :

Le porte bobines qui alimente la machine par deux bobines de papier, le premier est pour former la couverture interne et la deuxième est pour former la cannelure.



Figure II.6: le PBM 350 porte bobine [1].

✚ La simple face COM 350

Le fonctionnement de la machine consiste en l'élaboration du carton ondulé simple face avec conditionnement au préalable par chaleur et humidité de deux bandes de papier de différents types et grammages nommés « liner » ou couverture (papier de fibre vierge type kraft ou papier recyclé, etc) et « Fuling » ou medium (papier élaboré avec paille des céréales ou papier recyclé...) respectivement (figure II.7).



Figure II. 7: la simple face type COM VFL [1]

Nomenclature : **COM-350-VFL**

COM.....Simple face MEDESA

350.....Référence du modèle

VFL... ..Vacuum Fingerless

🚧 Poste double face EDM 350

Le poste double face EDM (Encolleuse Double Medesa) est aussi utilisé pour la fabrication du carton ondulé double cannelure, son rôle est le même que la simple face (figure II.8).



Figure II. 8: la machine EDM 350

🚧 la table chauffante

La fonction de la machine consiste à l'élaboration de carton ondulé, pré-conditionnement préalable par chaleur et humidité d'une bande de papier de différent type et de grammage. Dénommée couverture liner de type kraft ou papier recyclé (figure II.9).



Figure II. 9: la table chauffante [1]

✚ **La découpeuse auxiliaire MEDESA (CRM 350)** : son rôle est de couper le carton en cas de défaut de démarrage de la ligne ou changement de commande.



Figure II. 10: la CRM 350 (découpeuse auxiliaire) [1]

✚ **La coupeuse longitudinale (CLM 350)** : est une découpeuse longitudinale son rôle est de couper le carton aux dimensions désiré, selon la commande de la clientèle.



Figure II. 11: image montrant une découpeuse transversale semi automatique

🚧 La table montante descendante (l'empiler SRM 350)

Construite avec des matériaux de haute qualité, sa forme compacte et très robuste offre une optimisation dans les dimensions et poids de l'unité.

La fonction de la SRM (Sortie Réception Medesa) consiste à empiler de forme exacte les plaques de carton en présentant un système d'empilement qui offre la vitesse, précision et flexibilité dans la formation de piles de haute qualité pour une manipulation efficace et pour une conversion effective de carton à caisse.



Figure II.11b : image de la SRM

Partie II : la colleuse [1]

II.1. Description de la colleuse

Elle est conçue dans le but d'appliquer un bon collage sur les crêtes de la cannelure. L'application de la colle entre le rouleau encolleur et l'onduleur est régulière et contrôlée par un ensemble de contacts souples, qui vérifient la variation de poids du papier (figure II.12).



Figure II. 12 : la colleuse type COM 350 [1]

II.2. Gabarit de la machine : cette figure nous montre les dimensions de la bancades de l'encolleuse

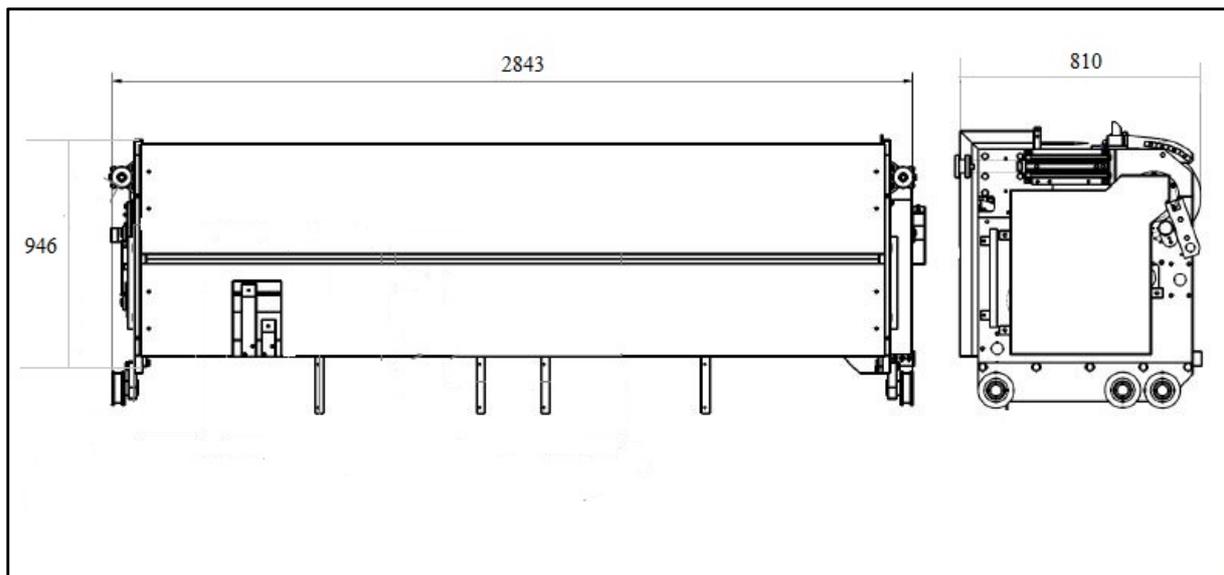


Figure II. 13 : vue d'une colleuse [1].

II.3. Les éléments qui Composent la machine

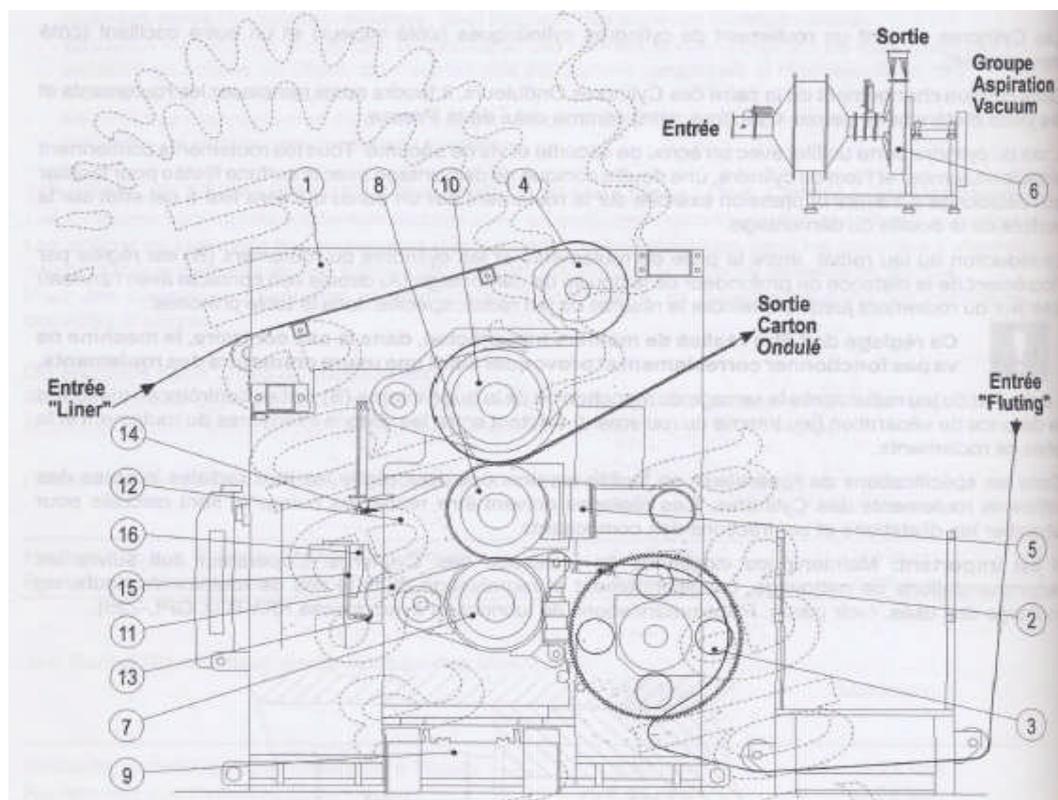


Figure II. 14: Composants de l'encolleuse [1]

La machine est composé de :

- | | |
|--|---|
| 1) Bancades ; | 9) chariot autonome support «cassette » ; |
| 2) humidificateur interne de la machine ; | 10) un cylindre la presse lisse ; |
| 3) pré conditionneur avec enveloppante de diamètre 600 ; | 11) un cylindre doseur de colle ; |
| 4) préchauffeur de diamètre 400 ; | 12) un cylindre encolleur ; |
| 5) hotte de vacuum ; | 13) grattoir cylindre doseur. |
| 6) ventilateur de vacuum ; | 14) grattoir cylindre encolleur ; |
| 7) cylindre onduleur inferieur ; | 15) un réservoir de colle ; |
| 8) cylindre onduleur central ; | 16) un l'imitateurs latéraux ; |

II.4. Description des composants

1) Bancades

Construites avec des matériaux de haute qualité et précision d'usinage. Les bancades latérales et bancades de base forment un module compact et très robuste, obtenant une optimisation dans les dimensions et poids de l'unité.

La motorisation principale est montée à l'intérieur d'un module latéral fermé, uni aux bancades avec des portes praticables d'accès, dotées de système de sécurité.

2) Humidificateur internes de la machine:

La fonction de cet humidificateur est de ré-humidifier le papier du Fuling avant de passer par le cylindre onduleur pour compenser les pertes d'humidité produites en appliquant de la chaleur sur la bande de papier et que celui-ci soit pré conditionné dans les meilleurs conditions de température et d'humidité pour former la cannelure.

Il est construit en plaque galvanisée et monté intérieurement, immédiatement après le cylindre pré conditionneur avec orifice de connexion des condensats.

3) Pré conditionneur avec enveloppante de diamètre 600

La machine porte un cylindre pré conditionneur de grand diamètre pour assurer une transmission idéale de chaleur à haute vitesse, et permet de chauffer la cannelure et l'uniformité de l'humidité uniformément sur le papier après son passage par l'humidificateur.



Figure II. 1 : un pré conditionneur de diamètre 600 mm [1]

La motorisation est indépendante avec une vitesse variable. Elle contient un mécanisme de contrôle d'enveloppante de vitesse fixe avec démarrage et arrêt progressif (souple), pour ne pas endommager la bande de papier même avec les plus fins grammages. À partir du pupitre on peut régler l'angle de l'enveloppante de roulement de la bande sur le cylindre. Il intègre un système d'évacuation de condensats qui maintient uniforme la température superficielle

4) Préchauffeur de 400 mm de diamètre

La machine porte un cylindre préchauffeur de diamètre 400 qui assure une transmission de chaleur à haute vitesse et motorisation indépendante avec vitesse fixe.

Un cylindre préchauffeur intègre un système d'évacuation des condensats qui maintient uniforme la température superficielle à n'importe quelle vitesse.

5) Groupe aspiration vacuum

Son rôle est de maintenir la bande de papier de la cannelure en intime contact avec le cylindre onduleur central, pour que l'application de la pellicule de colle puisse avoir le maximum de précision exigée.

Dans la conduite de sortie d'air, on intercale un silencieux pour réduire le niveau sonore émis à l'extérieur, qui peut opérer dans toutes positions, selon les exigences de l'installation.

6) Ventilateur d'aspiration de vacuum

La pression d'aspiration est proportionnée par un groupe ventilateur indépendant activé par le moteur qu'est monté sur des antis vibrateurs, avec ouverture et fermeture par vanne de passage ouverture (automatique/ manuelle).



Figure II. 2: image d'un ventilateur d'aspiration

8) Cylindres onduleurs cassette

Le groupe de cylindres onduleurs forment la dénomination 'cassette' compacte, très robuste, rapide et simple inter changement, avec un système de fixation hydraulique extra-rigide.

A effets pratiques, on peut considérer qu'une fois bloqué, le groupe est une part de la propre bancade ce qui proportionne une totale stabilité dynamique du groupe onduleur.

Les cylindres onduleurs ont un diamètre de 360mm pour l'ondeur inferieur(1), et pour ondeur supérieur (2) un diamètre de 400mm ce qui permet de travailler dans une bonne relation de révolution a hautes vitesses, et a la fois, l'inégalité des diamètres apporte l'uniformité dans l'usure du groupe.

Construits en acier spécial, traité par induction avec une profondeur de 3 /4, chromé et avec une dureté superficielle de l'ordre de 66-67Rockwell.



Figure II. 17: les cylindres onduleurs

9) Chariot autonome support cassette

Le chariot de transport autonome (sans câbles), commun pour les différents types de cannelure de couplage permet d'accoupler la cassette en un temps bref, facilement et sans réglages additionnels tout en obtenant une totale flexibilité dans la production.

La motorisation du chariot est activée par des batteries de 95Ah rechargeable à travers d'un chargeur automatique fourni (Figure II.18).

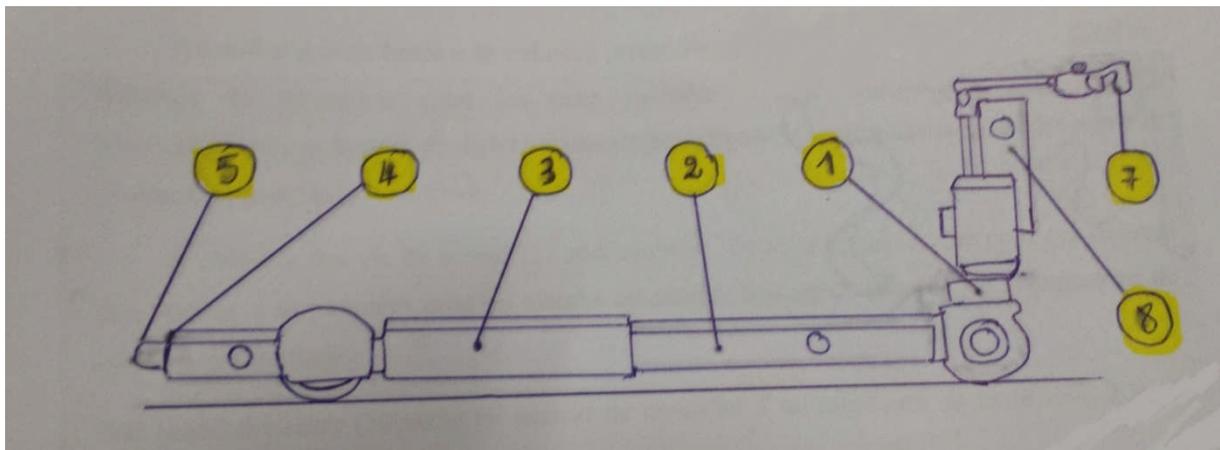


Figure II. 18: chariot autonome.

Nomenclature :

1- Motorisation.
2- Bancades.
3- Batterie rechargeable.
4- Système blocage manuel.
5- Pivots de centrage.
6- Armoire électrique.
7- Gouvernail commandes.

10) Presse lisse (cylindre de pression)

Le cylindre dénommé presse lisse (1) de grand diamètre, robuste et d'une stabilité dynamique, a comme objectif d'unir intimement de papier préchauffée couverture ou « Liner » à la crête déjà formée et encollée de la medium ou « Fuling », appliquant pression et chaleur à la fois pour obtenir l'union des deux bande.

L'ensemble, activé hydrauliquement, porte un mécanisme de butée réglables(2) (ajustable depuis le pupitre de la machine) qui lui permettent de travailler de deux façons : a l'aide de pression, si on travaille « sans butée » ou par distance d'approximation entre les deux bandes de papier si on travaille « avec butée ».

Travailler « sans butées » le cylindre presse lisse appuyé sur le cylindre onduleur central qui supporte le poids de cylindre presse plus la pression exercée par les pistons hydrauliques.

Travailler « avec butée » le cylindre presse lisse appuyé sur des butées qui règlent la distance de séparation entre les deux cylindres, presse lisse et onduleur central respectivement. ces butées se règlent manuellement depuis le pupitre des commandes ou de la propre machine.

Il contient des vis de butées (3) additionnelle de sécurité de chaque coté qui doivent être réglées à la première mise en marche ou chaque fois qu'on procède au changement du cylindre presse lisse.

Son grand diamètre (500mm) lui permet de travailler avec un minimum de révolution à haute vitesse en réduisant au maximum les vibrations.

Construit en acier spécial, traité par induction avec une profondeur de $\frac{3}{4}$ et une dureté superficielle de l'ordre de 62 Rockwell. L'application de la plus haute technologie dans sa fabrication, lui procure le maximum d'efficacité.

Il est intégré à un système d'évacuation de condensant(4) qui maintient uniforme la température superficielle du cylindre (figure II.19).

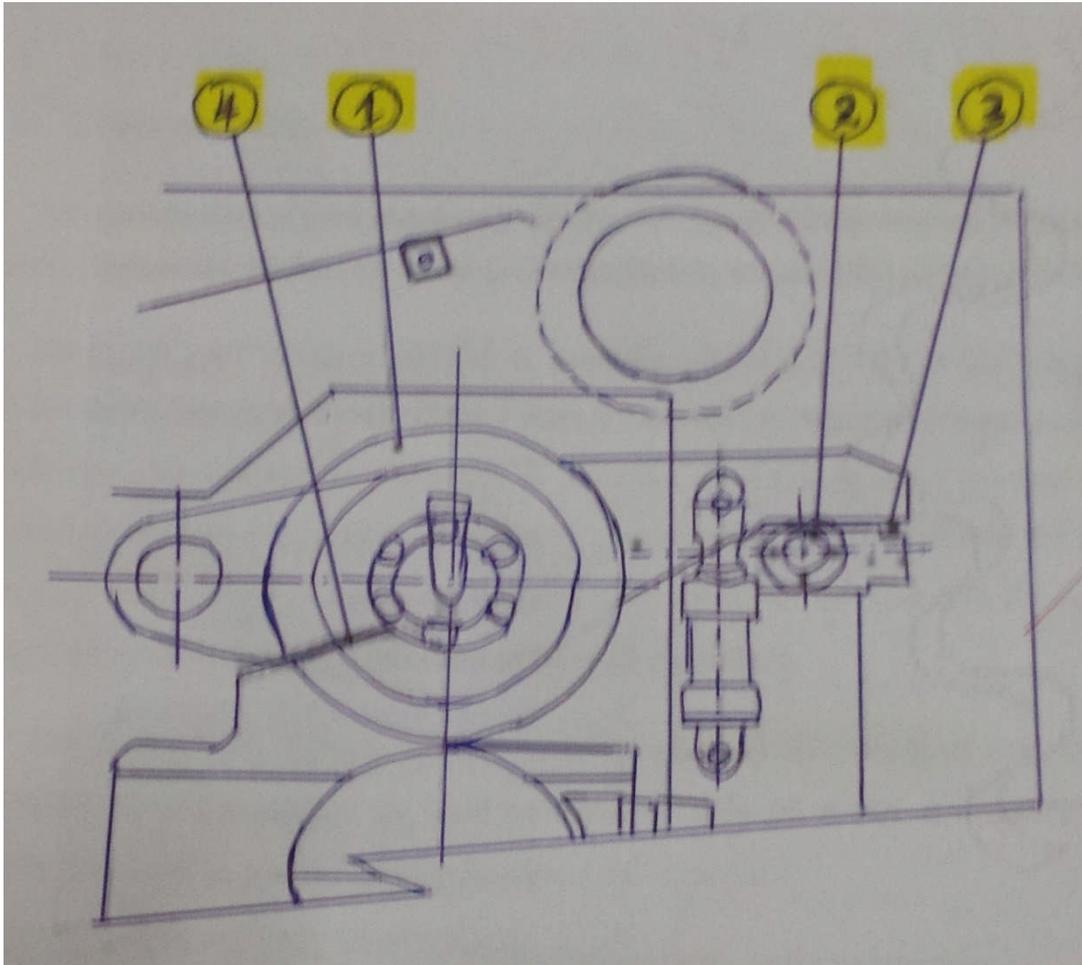


Figure II. 19 : presse lisse.

Nomenclature :

1- Cylindre presse lisse
2- Butée réglable
3- Vis de butée
4- Evacuation des condensats.

11) Groupe encolleur

Ce groupe avec celui de la cassette est le plus important de machine. Il est destiné pour l'application d'une fine et homogène pellicule de colle à la crête de la cannelure (sans la déformer).

Basiquement, il est composé de (voir Figure II.14) :

- Un cylindre doseur de colle.
- Un cylindre (Encolleur).
- Un Grattoir du cylindre doseur et fermeture du réservoir.
- Un Grattoir cylindre encolleur.
- Un Réservoir de colle.
- Un Limitateur latéral.

Le groupe dispose de deux modes de fonctionnement : manuel et automatique. En mode manuel, l'opérateur choisit à tout moment les paramètres de fonctionnement désirés.

En mode automatique, MEDESA possède un système de compensation automatique entre les cylindres encolleur, doseur de colle, onduleur Central.

Ces automatismes garantissent une constante précision et fiabilité de l'encollage à n'importe quelle vitesse, accélération ou ralentissement de la ligne et compense les différences de grammage de la bande, le surplus dû aux raccords de la bande, et variation du diamètre du cylindre Onduleur Central en fonction de sa température et type de cannelure.

Les boutons de réglage agissent sur des servo-potentiomètres qui alimentent les entrées analogiques correspondantes de l'automate, avec cela on arrive à conserver les paramètres ajustés après un arrêt ou manque de fourniture d'énergie.

La géométrie du groupe et du cylindre encolleur permettent le maximum d'efficacité et une économie considérable de colle. L'approvisionnement en colle est effectuée à travers la connexion à l'installation générale de colle en circuit fermé (non fourni par le fabricant). La pression du groupe est effectuée sur des butées (A) à travers des pistons pneumatiques (B) qui agissent par pression sur les butées mobiles (C).

Le groupe règle le contact avec la bande de papier automatiquement à l'aide de pistons pneumatiques (D) (approx.10mm) en cas d'arrêt de la machine. Si l'arrêt est involontaire le groupe se retire aussi en donnant des signaux d'avertissement (figure II.20).

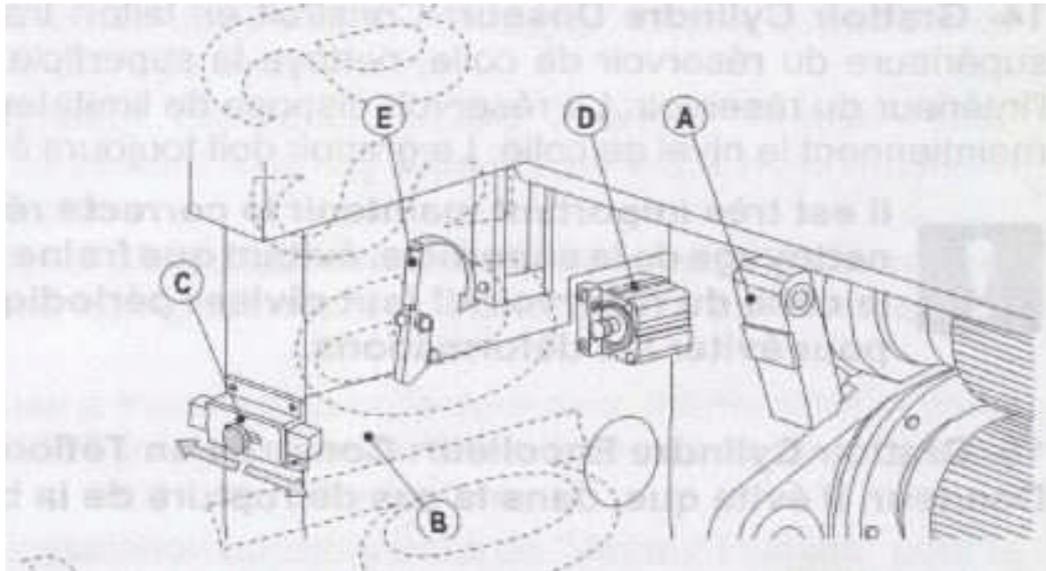


Figure II. 20: vue d'un groupe encolleur.

Cette séparation est aussi utilisée en mode manuel pour les opérations de nettoyage .Le groupe est doté d'un système de buses d'auto-nettoyage avec eau des creux du cylindre encolleur, en fin de journée.

La motorisation est indépendante avec contrôle de variation de vitesse et un mécanisme d'accouplement par cardan, très simple et sûr qui permet de retirer et manuellement le groupe dans sa totalité, sur des guides rabattables en dehors des bancades pour des opérations de changement de cassette, nettoyage intérieur du groupe et entretien. La bancade latérale porte un levier de butée mécanique (E) de sécurité pour que, une fois retiré dans sa totalité le groupe Encolleur, celui-ci ne puisse revenir involontairement à sa position, ce qui pourrait occasionner des dommages.

12) Cylindre doseur de colle

Recouvert d'une grosse cape de chrome dur et monté dans la partie inférieure du groupe, selon la séparation avec cylindre Encolleur, il génère une pellicule plus ou moins grosse de colle, avec régulation manuelle ou automatique depuis le pupitre.

Avec le fonctionnement en mode automatique MEDESA dispose d'un automatisme qui produit le réglage de la pellicule de colle exigée et varie la quantité apportée en fonction de la vitesse de la ligne, avec une réponse très rapide dans les changements d'accélération.

13) Cylindre Encolleur

Son rôle est de déposer une pellicule de colle sur la crête de la cannelure dans le cylindre onduleur central sans exercer aucune pression sur celle-ci.

Le cylindre est revêtu d'une grosse cape en acier inox, et sa superficie est formée par des petites ouvertures recouvertes de chrome dur.

La distance entre le cylindre onduleur central et le cylindre encolleur est réglée par des butées qui sont incorporées dans la cassette et des excentriques qui sont montées sur le groupe encolleur.

14) Grattoir cylindre doseur

Construit en laiton traité de forme spécial. Il est monté dans la partie supérieure de réservoir de colle, nettoyé la superficie du cylindre doseur en colle et évite que la colle sorte de l'intérieur de réservoir de colle.

Le grattoir doit toujours être immergé pour éviter sa détérioration (figure II.21)



Figure II. 21 : image d'un grattoir

15) Grattoir cylindre encolleur

Construit en téflon et monté dans la partie supérieure du cylindre doseur, il évite que, dans le cas de rupture de la bande, celle-ci s'enroule sur le cylindre.

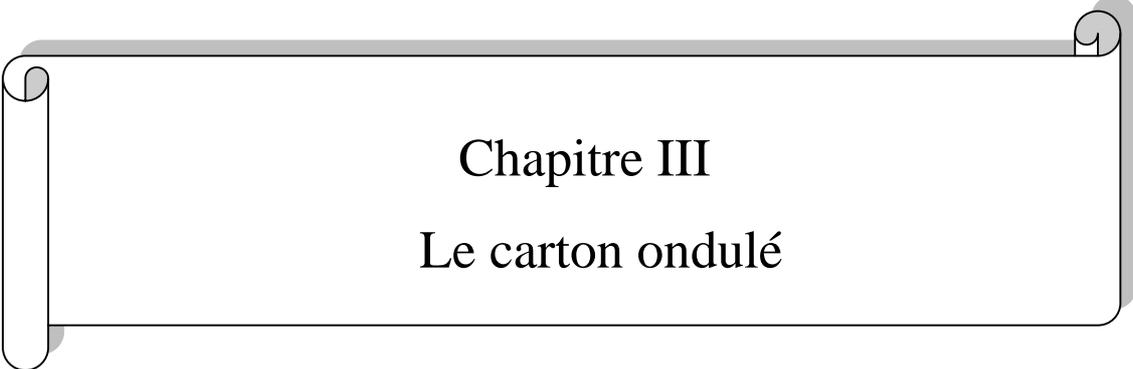
16) Réservoir de colle (imitateurs)

Le réservoir du groupe est fabriqué en acier inoxydable avec contrôle de niveau minimum de colle et limiteurs d'évacuation et de récupération.

Le contrôle des imitateurs est réglé automatiquement selon la largeur de la bande utilisée, à travers d'un signal provenant d'automatisme optionnel (figure II.22).



Figure II. 22: Le réservoir de colle



Chapitre III
Le carton ondulé

Introduction

Le carton présente de nombreux avantages pour des projets et réalisations en cours de technologie.

C'est un matériau moderne, technique et écologique car issu en grande partie du recyclage.

Il est bon en marché, facile à travailler et permet des réalisations technologiques comme par exemple des luminaires où il sera associé à des systèmes électriques ou électroniques.

Comment le carton ondulé est-il fabriqué ?

III.1 Le carton ondulé

Le carton ondulé permet de remplacer un lourd carton massif par plusieurs feuilles planes maintenues équidistantes par une ou plusieurs entretoises de forme ondulée.

- Les feuilles planes externes sont appelées « couvertures ».
- Les feuilles planes internes sont appelées « médianes ».
- Les feuilles ondulées formant entretoises sont appelées « cannelures ».

III.2 Les types de carton ondulé

Les types de carton sont répartis en quatre groupes principaux. Chacun d'eux comporte des variantes d'épaisseur des couches, de couchage ou de pâte [2].

III.2.1 Le simple face

Le carton ondulé simple face est le plus simple que l'on puisse trouver. Il est formé par :

- une couverture.
- Une cannelure.

Il est utilisé avant tout comme feuille de protection et de rembourrage.

Il est possible de coller ultérieurement une feuille pré imprimée sur la cannelure. Ce procédé s'appelle le contre collage.

III.2.2 Le double face

Le carton ondulé double face est le type le plus largement produit. Il est formé par :

- une couverture double face.
- Une cannelure.
- Une couverture simple face.

Il est utilisé avant tout à former des caisses, des boîtes ou des présentoirs. Il peut être imprimé, après sa fabrication par procédé flexo.

Il serait idéal, pour la fabrication du double face, d'employer une couverture simple face et une couverture double face de même grammage et de même qualité cependant, pour des raisons économiques et techniques, la couverture simple face est souvent d'un grammage et d'une qualité inférieure à la couverture double face (extérieur de l'emballage), servant fréquemment de support d'impression.

La couverture double face est donc aussi appelée "couverture extérieure" et la couverture simple face "couverture inférieure".

III.2.3 Le double-double

10 à 15 % de la production de carton ondulé est du double-double. Il est formé par:

- une couverture extérieure.
- une cannelure.
- une couverture médiane.
- une cannelure plus petite.
- une couverture intérieure.

Le double-double est utilisé pour combiner les propriétés des deux cannelures (résistance à la compression sur chant de la plus grosse cannelure et résistance à la compression à plat de la plus petite).

Le double-double offre aussi, par sa couverture et sa cannelure supplémentaire, une plus grande rigidité ainsi qu'une meilleure résistance à l'éclatement et à la perforation. Il est employé pour les emballages susceptibles de subir de grandes contraintes mécaniques.

Des combinaisons des cannelures BC et EB sont courantes en Europe, BA au Japon, BC aux États-Unis.

III.2.4 La triple cannelure

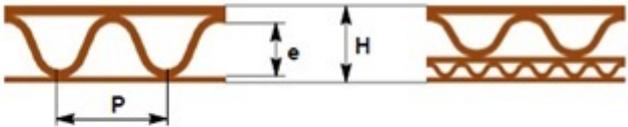
Le carton ondulé triple cannelure est produit en petite quantité. Il est formé par:

- une couverture extérieure.
- Une grosse ou moyenne cannelure.
- Une couverture intermédiaire.
- Une cannelure moyenne.
- Une couverture intermédiaire.
- Une petite cannelure.
- Une couverture intérieure.

La triple cannelure est employée pour obtenir un matériau très rigide et résistant à de grandes contraintes mécaniques.

Elle peut atteindre plus de 12 mm d'épaisseur. Il est évident que plus le nombre de couvertures et de cannelures sont élevés, plus le carton ondulé est cher. La figure suivante montre les différentes cannelures [2].

Tableau III. 1: différents types de cannelure



Profil de cannelure	Type	e (mm)	H (mm)	P (mm)
Grosse cannelure	A	4,5	5	8,9
Petite cannelure	B	2,3	2,8	6,5
Moyenne cannelure	C	3,5	4	8
Microcannelure	E	1,2	1,6	3,2
	F	0,75	1,2	2,4
	G/N	0,4	0,8	1,8
	O	0,3	0,7	1,1
Double-double	BC		6,5	
	BE		4,5	
	BF		3,8	
	EF		2,6	

III.3 Composants

Le carton ondulé est composé de :

III.3.1 Couvertures:

Les couvertures participent à la résistance mécanique et climatique de l'emballage et servent de support de communication et d'information. Elles peuvent être en kraft-liner, bico ou papier recyclé.

III.3.2 Cannelures:

Feuille cannelée qui accroît la rigidité, la flexion, l'élasticité à l'écrasement et la résistance à la compression.

Il existe plusieurs types de cannelure combinables, tout en restant parallèles entre elles, afin d'obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques et un meilleur état de surface [3].

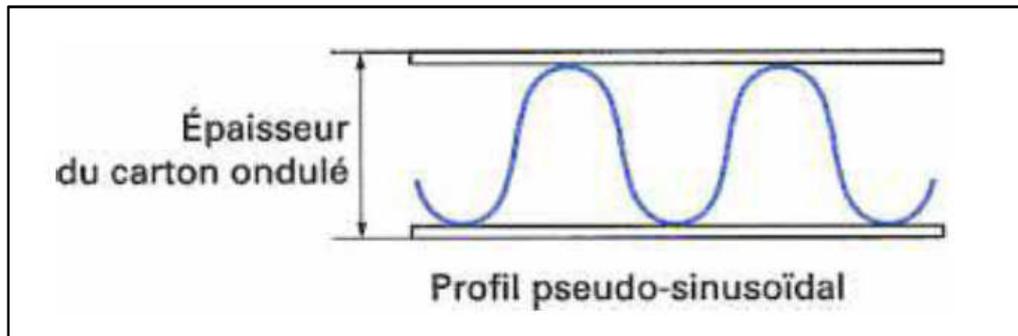


Figure III. 23: profil de cannelure [3]

Tableau III.4 : type de cannelure [3]

Type de cannelure	Hauteur de profil (valeurs moyennes)
cannelure K ou D, appelée également cannelure géante	plus de 7 mm
cannelure A, appelée également GC	plus de 4,5 mm
cannelure C, appelée également MC	de 3,5 à 4,5 mm
cannelure B, appelée également PC	de 2,5 à 3,5 mm
cannelure E, appelée également micro-cannelure	de 2 à 1,5 mm
cannelure F, dite minimicro	1,2 mm
cannelure G ou N, dite Nano-cannelure	0,8 mm
cannelure O	0,5 mm

Pour le carton ondulé à plusieurs cannelures, les mêmes symboles sont utilisés et spécifiés dans l'ordre : cannelure extérieure vers cannelure intérieure [3].

Exemple : BC – BAA

III.3.3 Colles

La performance de la structure dépend étroitement de la qualité du collage. Les colles utilisées pour le collage couverture/cannelure sont à base d'amidon.

Déposé sur les sommets des cannelures, l'amidon se gélatinise sous l'effet de la chaleur de assure l'assemblage des papiers.

Pour un carton simple cannelure, le dépôt de colle sec est de 10 à 30 g/m² [2].

III.3 Fabrication du carton ondulé :

L'opération est de transformer du papier, en carton ondulé.

III.3.1 Onduleuse :

Machine d'une longueur de l'ordre d'une centaine de mètres, largeur de 1,40 à 3,3 m (Figure III.24).

Le carton est obtenu par contre collage de feuilles de papier sec au moyen d'une matière adhésive telle que l'amidon ou une résine synthétique.

Une feuille de papier est enroulée autour d'un tambour jusqu'à l'épaisseur désirée puis on la coupe selon une génératrice.

La production est effectuée feuille à feuille, la feuille de carton est ici homogène [2].

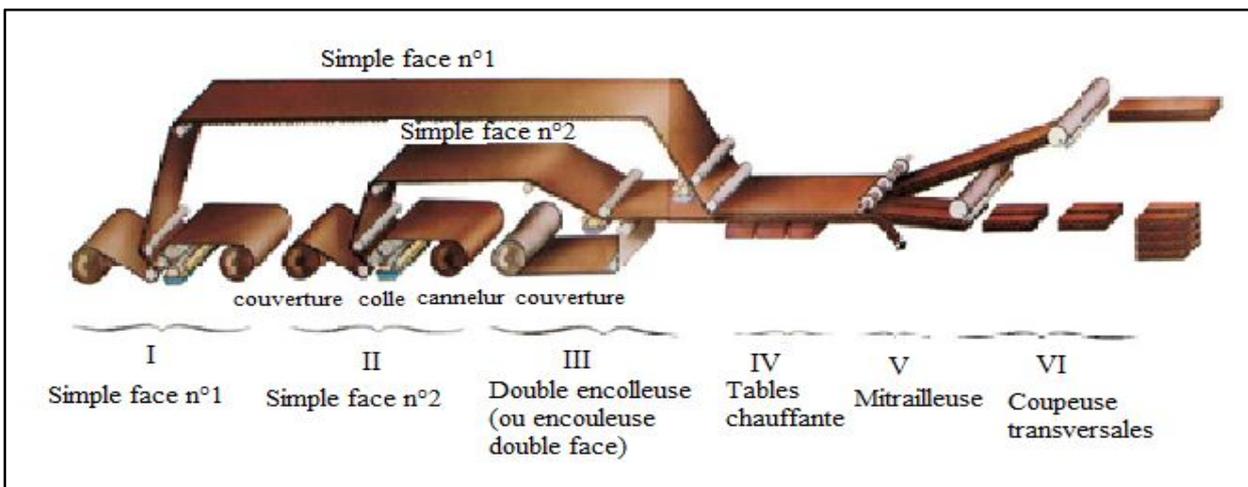


Figure III. 14: processus de fabrication de carton sur l'onduleuse [2].

Elle se compose des éléments suivants :

I. Un ou plusieurs postes simple face assemblent chacun une couverture et une cannelure (ondulé simple face).

Dans la machine simple face (Figure II.25.b), le papier de cannelure est ondulé entre deux cylindres cannelés chauffés à environ 180°C. La cannelure ainsi formée est maintenue sur les cylindres cannelés par aspiration ou pression d'air, ou par des applicateurs métalliques (peignes), tandis que la colle est déposée sur les sommets des cannelures ; la couverture est appliquée sur la cannelure par un cylindre chauffé parallèle (presse-lisse) ou par une courroie (tapis).

Dans la simple face, des systèmes peuvent permettre de permuter des cylindres cannelés de profils différents.

II. Un poste double face où sont assemblés un, deux ou trois ondulés simple face et une couverture pour réaliser de la SC, de la DC ou de la TC.

La colle est déposée sur les sommets de cannelure des ondulés simple face qui sont ensuite engagés, avec la couverture, sur des tables chauffantes pour la prise de la colle.

Les échanges thermiques qui sont rapides au poste simple face, nécessitent des temps beaucoup plus longs au poste double face où le carton ne peut être que faiblement pressé pour éviter d'écraser la cannelure. La nappe de carton ondulé sortant des tables chauffantes est rigide et ensuite découpée en plaques.

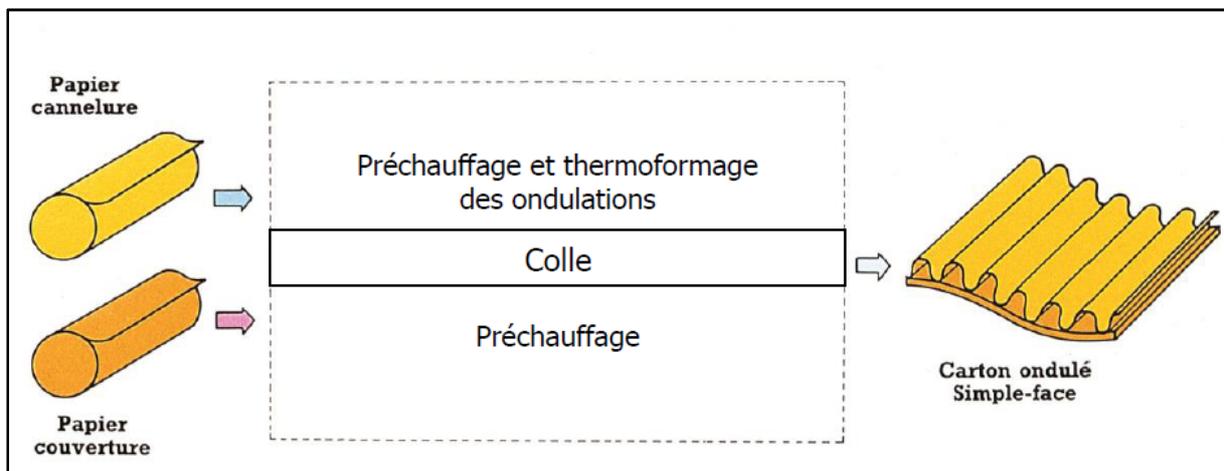


Figure III. 25. a: principe de fabrication

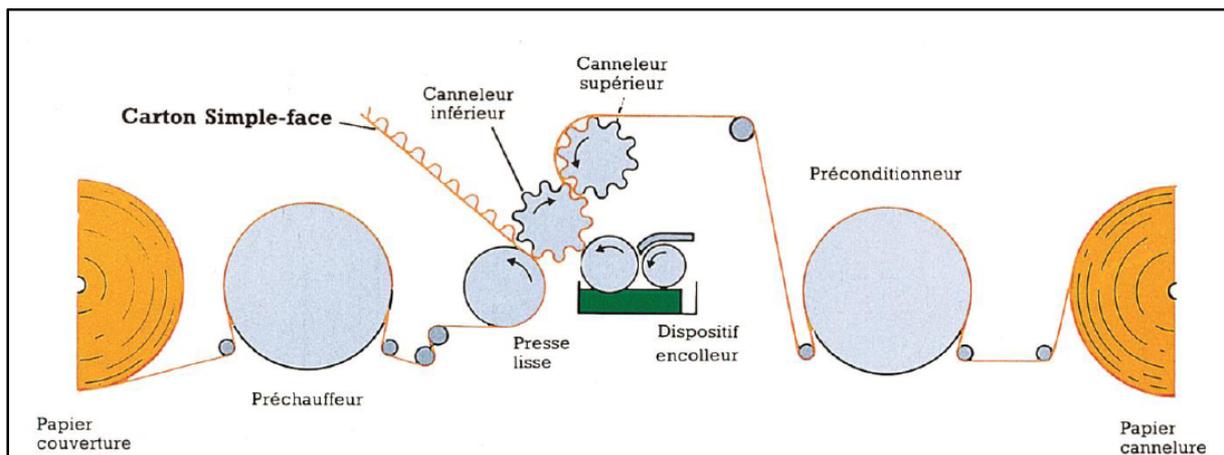


Figure III. 25. b : descriptif du poste simple face.

IV. Tables chauffantes elles reçoivent les cartons issus des poste simple face 1 et 2 qui passent à ce niveau sous des rouleaux presseurs afin d'assurer le maintien de l'encollage.

V. Une mitrailleuse qui comporte plusieurs arbres sur lesquels sont positionnés des couteaux rotatifs circulaires et des outils rotatifs circulaires (figure III.26).

Ces outils :

- découpent (figure III.26.a) longitudinalement la nappe initiale en nappes secondaires (souvent 2, parfois 3, 4...) et évacuent les rognures de laize.
- rainent (figure III.26.b) longitudinalement les nappes secondaires, c'est-à-dire écrasent localement, suivant une ligne, l'épaisseur de l'ondulé pour faciliter le pliage ultérieur.

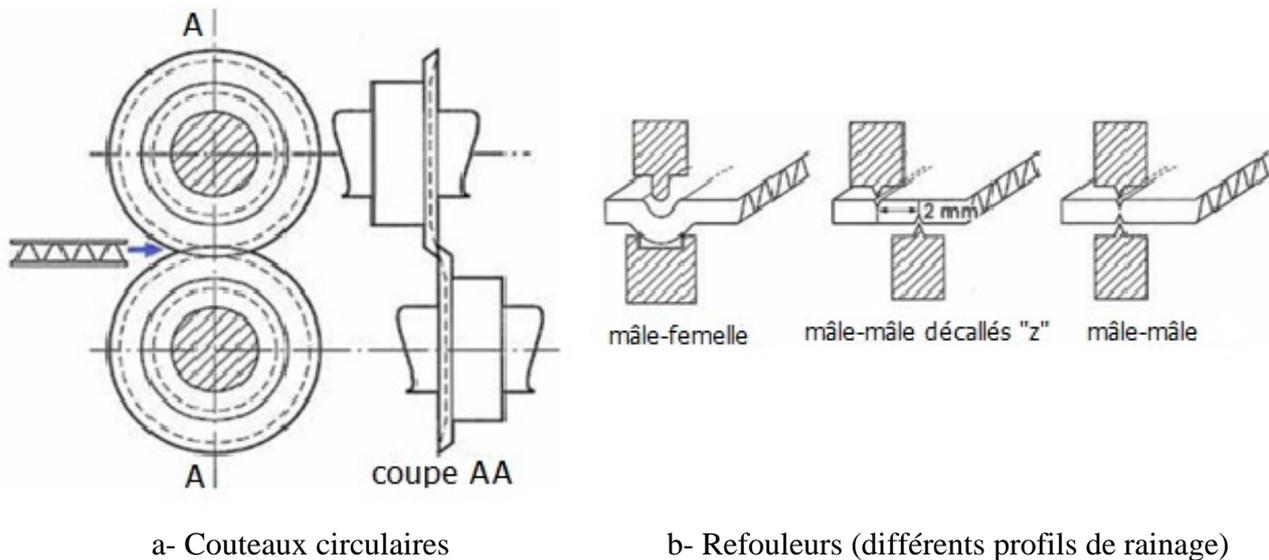


Figure III. 26: Schéma des coupes de la Mitrailleuse

VI. Des coupeuses transversales (Figure III.27). Chaque nappe secondaire est débitée en plaques de longueurs voulues avec des couteaux montés sur des cylindres. par la suite, les feuilles de carton ondulé sont envoyées sur un tapes roulante qui les amené vers le dernier poste de l'onduleuse.

VII. L'arrivée des feuilles de carton sur les tables montantes et descendantes n'est pas aussi simple qu'il pourrait y paraître, car la vitesse du convoyeur de ce dernier poste est environ cinq fois inférieur à la vitesse de l'onduleuse. Les cartons pré empilés sont compactés sur la table-

montante descendante par lots de 175 feuilles maximums. Le carton est ensuite évacué sur un convoyeur à rouleau vers la section expédition de la cartonnerie.

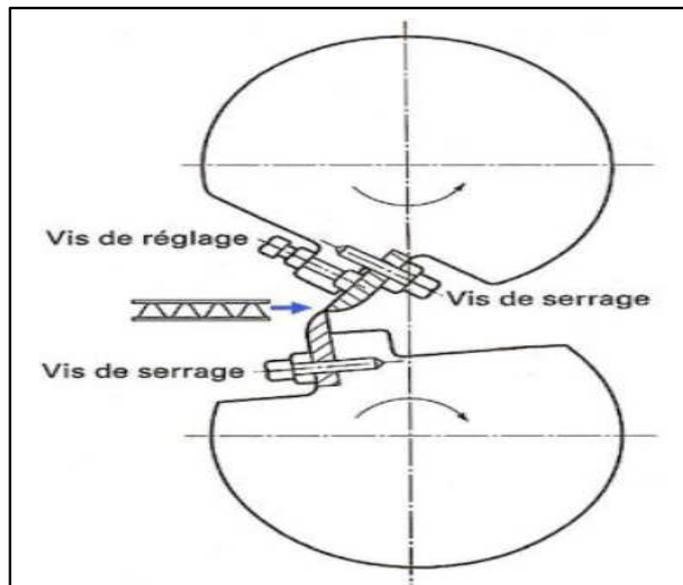


Figure III. 27: dessin de définition de la coupeuse transversale

II.4 La transformation du carton ondule

Après que les plaques de cartons sont fabrique sur la ligne onduleuse c'est plaque sont transportées sur un convoyeur à rouleau vers la section de transformation.

II.4.1 la Transformation

Cette partie consiste à transformer les plaques de carton ondulé en produit finale comme des barquettes ou des caisses américaine, qui seront prêt à être livrer.

II.4.2 Impression

L'impression du carton ondulé va du simple marquage logistique à l'impression de prestige à plusieurs couleurs.

II.4.3 Types d'impression.

Il existe deux types d'impression : pré-impression et post-impression.

a) Pré-impression

L'impression est réalisée avant la fabrication du carton sur papier (soit en bobines, soit en feuilles). Les bobines pré-imprimées sont ensuite collées à la simple face sur onduleuse équipée d'un dispositif de coupe au repère.

Les feuilles pré-imprimées sont collées sur des machines de transformation :

- soit sur la plaque d'ondulé (affichage)
- soit sur la simple face (contre-collage).

La pré-impression permet d'atteindre le plus haut niveau de qualité d'impression. Elle n'est réalisée que pour les grandes séries.

b) Post-impression

Dans cette partie L'impression est réalisée sur le carton ondulé.

II.4.4 Procédés d'impression.

- Flexographie (Figure II.28) : reproduction de textes ou d'illustrations avec des encres à l'eau. La plaque est imprimée entre deux cylindres (porte-cliché et contrepartie).
- Le cliché est en relief avec l'encre sur les parties en saillie. C'est le procédé d'impression le plus couramment utilisé pour les emballages en carton ondulé, en pré ou post-impression.
- Offset (Figure II.29) : procédé d'impression avec des encres grasses, par double décalque de la forme d'impression sur un blanchet de caoutchouc, puis de celui-ci sur le papier.
- L'offset est utilisé en pré-impression à partir de feuilles.

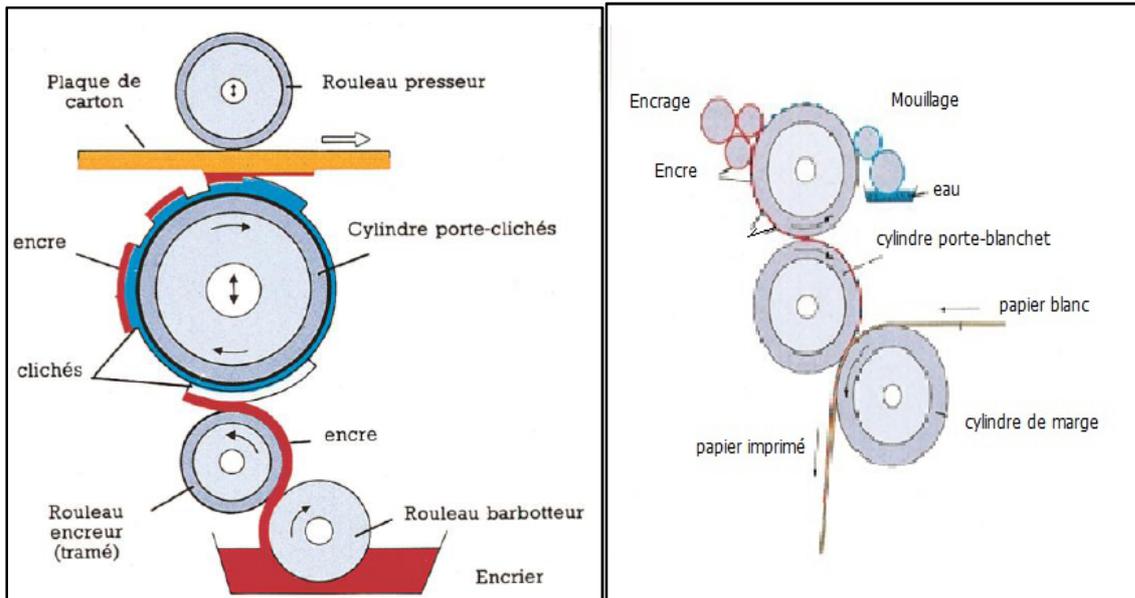


Figure III. 28: Flexographie

Figure III. 29: Offset

- Sérigraphie Post impression : L'encre est transférée sur la surface à imprimer par passage à travers les mailles d'un tamis synthétique ou métallique : les parties non imprimantes sont obturées, tandis que l'encre sous la contrainte d'une raclette traverse les mailles vides.

La sérigraphie permet l'impression de petites séries sur un volume, ce que ne peuvent réaliser les autres procédés.

- Numérique Post impression : technique d'impression sans contact et sans forme imprimante utilisant les données informatiques en flux continu directement de l'ordinateur à la machine imprimante.

Les imprimantes développées pour l'impression sur carton ondulé fonctionnent en utilisant le système de jet d'encre goutte à la demande suivant les données d'impression transmises électriquement, création d'une onde de pression dans un petit réservoir d'encre.

Cette perturbation pousse un micro-volume d'encre vers l'extérieur par le biais d'une buse. L'encre se dépose sur le support à imprimer et est ensuite séchée.

II.4.5 Les différents articles

Il existe trois grandes familles d'articles:

1- **les caisses à rabats** (encochage et rainage sur slotter)

Les plaques sont imprimées, façonnées puis jonctionnées sur une machine appelée « combiné », composée d'un slotter, d'une section de pliage/jonction et d'une section comptage/colisage, précédé éventuellement d'un ou plusieurs groupes imprimeurs

2- **les découpes** (encochage et rainage sur une machine rotative ou platine)

Les opérations d'impression et d'assemblage sont communes à ces deux familles.

3- **Le façonnage**

Dans tous les cas, la matière première est la plaque de carton ondulé. Les dimensions des plaques de carton sont toujours données dans l'ordre :

Laize (parallèle aux cannelures) et coupe (perpendiculaire aux cannelures).

Les dimensions des emballages sont toujours données dans l'ordre suivant :

L x B x H

L (longueurs) = dimension la plus longue à l'ouverture

B (largeurs) = dimension la plus courte à l'ouverture

H (hauteurs) = dimension du niveau de l'ouverture jusqu'à la base

Par défaut, sauf spécification contraire, les dimensions sont généralement exprimées en mm.

a) Le groupe slotter

Il réalise des encoches entre rabats avec des lames et contre-lames circulaires rotatives montées sur deux arbres parallèles. La distance entre les lames est égale à la hauteur de la caisse (Figure II.20).

Un dispositif d'entaillage différent permet de réaliser la patte de jonction qui peut être sur une tête ou sur une face (figure II.31). La jonction peut également être réalisée sur toute la laize.

Il réalise des rainages qui formeront les arêtes verticales de l'emballage (figure II.26).

Les rainages (ou refoulements) destinés à faciliter le pliage ultérieur des rabats ont été faits par la mitrailleuse de l'onduleuse.

Le slotter peut être complété par un module rotatif pour effectuer des découpes : trous, poignées, aérations, onglets d'arrachage.

Outre les caisses à rabats, il permet de faire les boîtes cloches et certaines enveloppes.

Il convient pour les articles aux tolérances dimensionnelles normales (cf. fiche technique n° 11). Ses cadences de production sont élevées (jusqu'à 18 000 à 20 000 plaques/heure pour des formats moyens).

Il n'entraîne pas de frais d'outillage spécifiques, mais seulement des réglages [1].

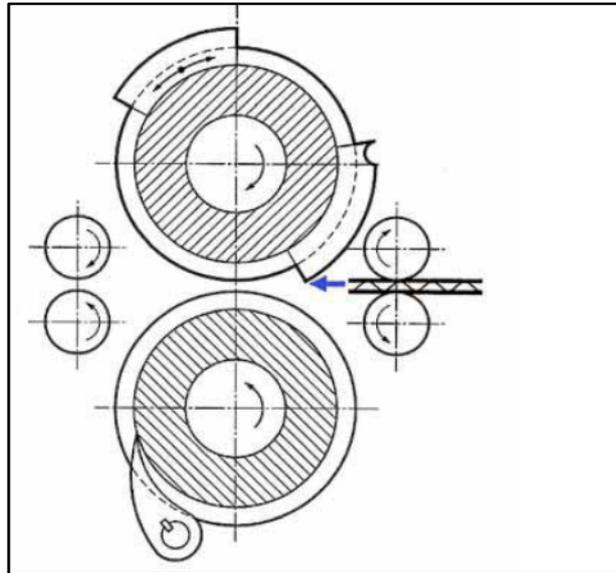


Figure II. 30: Un slotter

b) Section pliage / jonctionnement

La plaque imprimée, découpée et rainée doit être jonctionnée, c'est-à-dire, ses deux extrémités doivent être assemblées de manière à ce qu'elle soit stockée et transportée à plat et mise en volume lors de l'utilisation par simple manipulation manuelle ou automatique.

Pour cela, les deux panneaux extrêmes sont pliés l'un vers l'autre (par des courroies ou des barres obliques), puis solidarisés sur la même machine par :

- collage, le plus souvent.
- agrafage.
- collage et agrafage.

Une patte de jonction peut être réalisée à l'intérieur (Figure II.32 a) ou à l'extérieur (Figure II.32 b) de l'emballage.

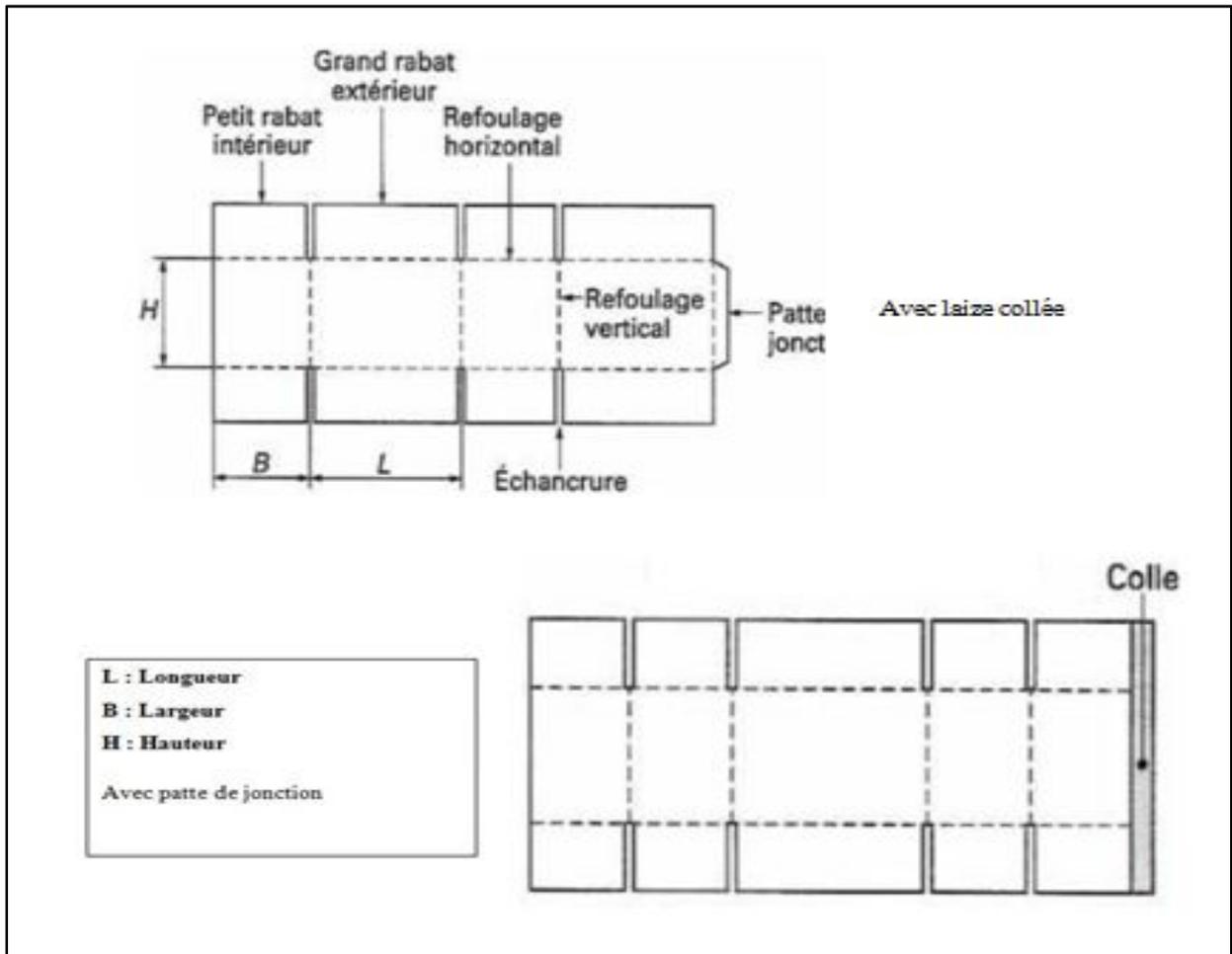


Figure III. 31: Caisses développées (différentes parties et cote de fabrication)

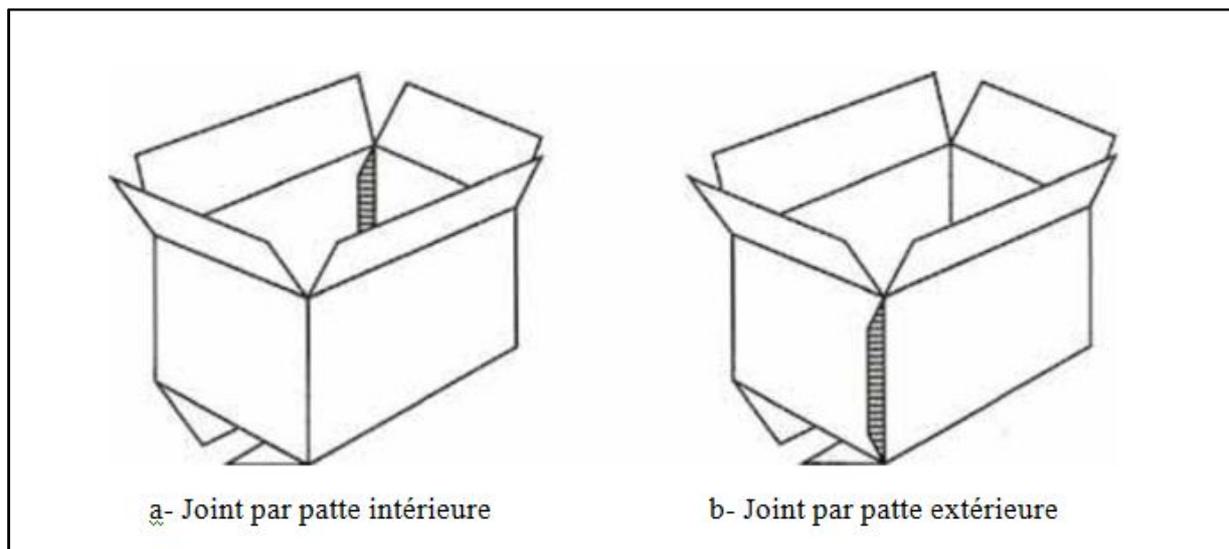
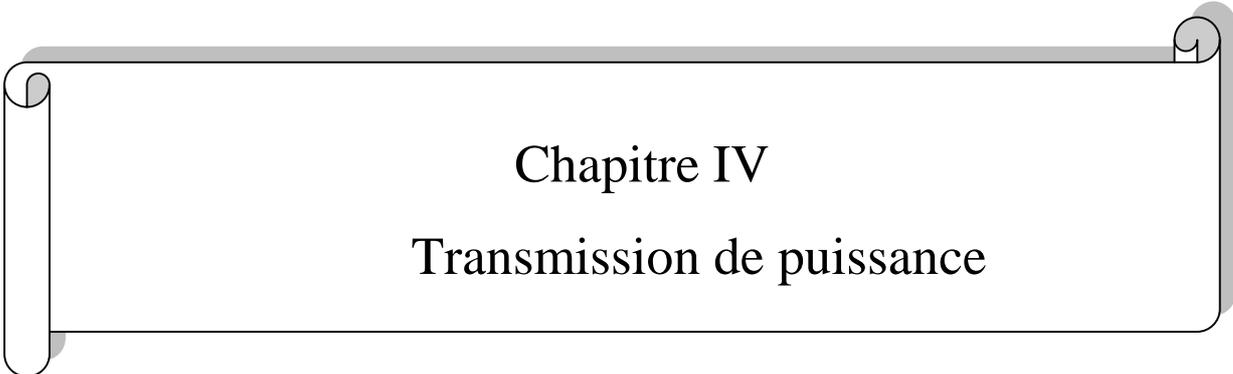


Figure III. 32(a, b): Assemblage de caisses en carton



Chapitre IV
Transmission de puissance

Dans ce chapitre, notre travail consiste à dimensionner le système de transmission de puissance par poulie et courroie, cette courroie permettra de transmettre un mouvement de rotation d'un arbre vers les autres relativement.

Introduction sur la transmission de puissance

Une transmission est un ensemble d'organes qui permet de transmettre un mouvement.

- Ce mouvement est modifié de manière à : être transformé en un mouvement de rotation et mouvement de translation.
- Augmenter ou à réduire la vitesse de rotation de sortie par rapport à la vitesse d'entrée du mouvement de rotation.
- Augmenter où réduire le couple de sortie par rapport au couple d'entrées du mouvement de rotation.

Il existe différents types de transmission suivant les besoins et les charges ou conditions de transmission :

- Transmission par engrenage.
- Transmission par chaîne.
- Transmission par engrenage conique.
- Transmission par vis sans fin.
- Transmission par courroie.
- Transmission par crémaillère.
- Transmission par cardan.

IV.1. Transmission par poulie et courroie

La courroie est une bande de matière souple permettant la transmission d'un mouvement de rotation d'un arbre vers un autre relativement éloigné. Elle est utilisée avec des poulies [5].

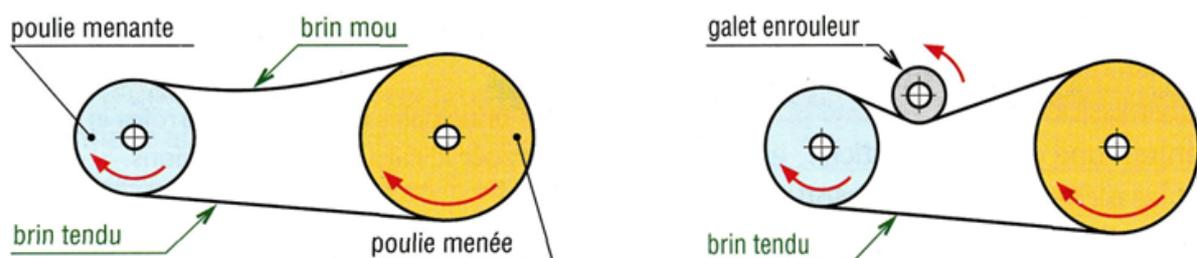


Figure IV. 33 : principe d'une transmission par poulie et courroie [5].

IV.2. Les différents types de courroies [4]

Ce tableau nous donne les courroies les plus utilisées

Tableau IV.3 : les différents types de courroies

Les courroies plates	
Les courroies plates et agrafes	
Les courroies trapézoïdales (en V)	
Les courroies crantées (synchrones)	
Les courroies rondes	

IV.2.1. La courroie crantée (ou synchrones) [6]

On peut les considérer comme des courroies plates avec des dents. Elles fonctionnent par engrènement, sans glissement, comme le ferait une chaîne mais avec plus de souplesse. Contrairement aux autres courroies, elles supportent bien les basses vitesses et exigent une tension initiale plus faible (figure IV.34) et (figure IV.35).

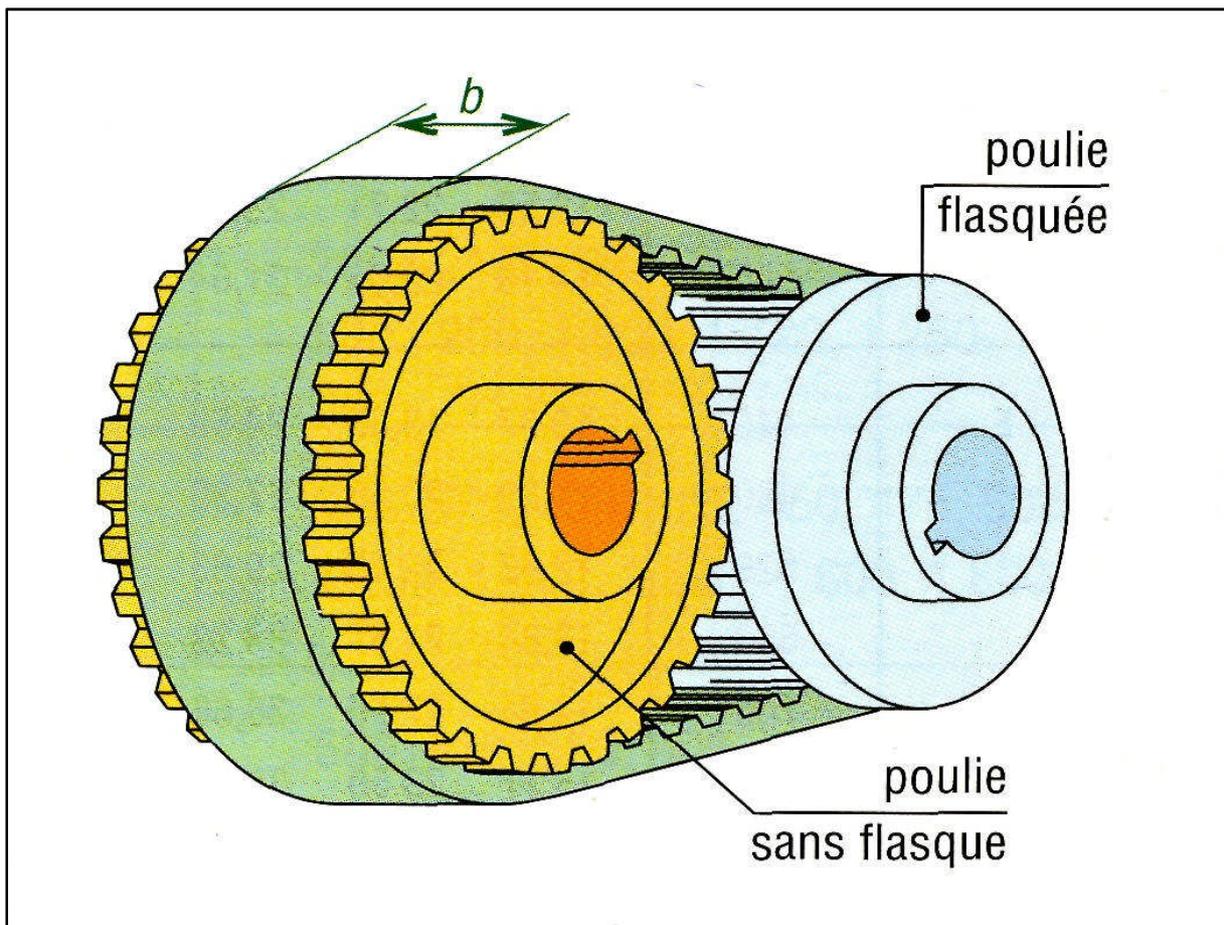


Figure IV. 34: système de transmission par courroie crantée [6].

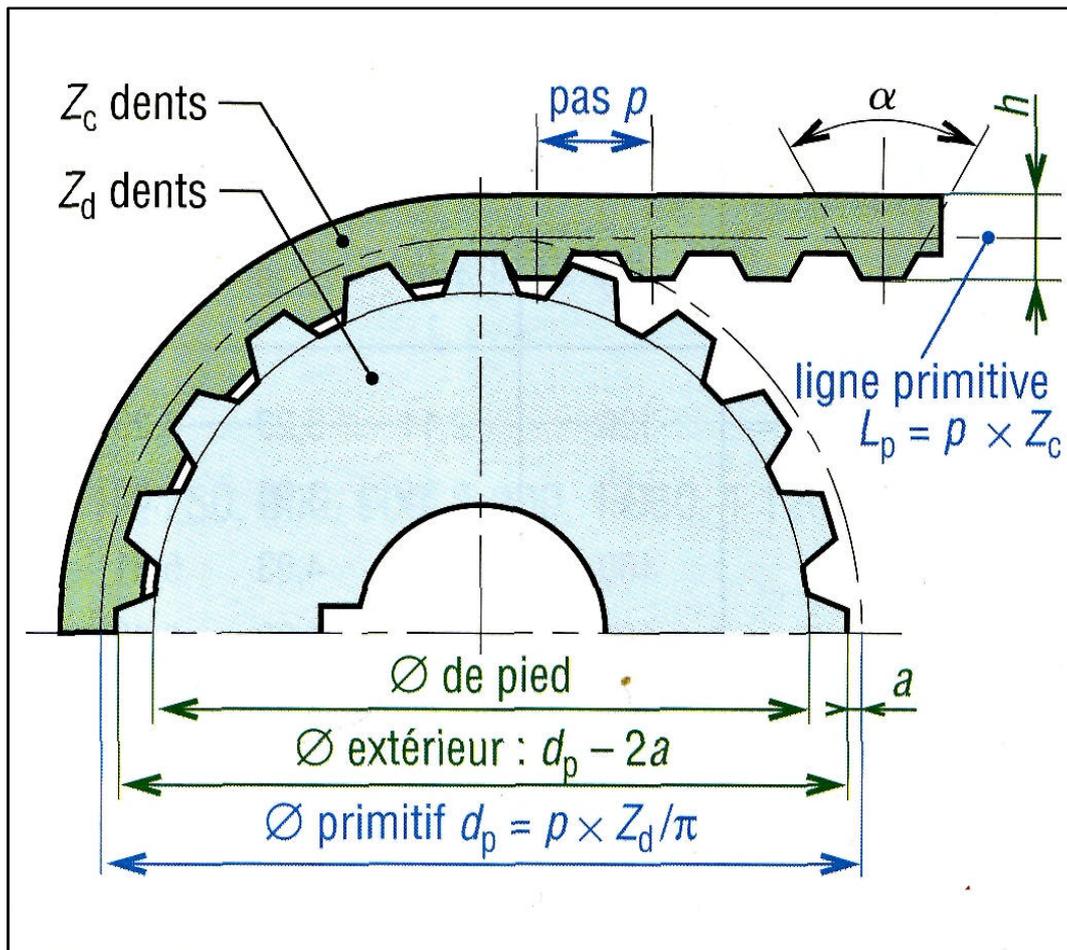


Figure IV. 35: caractéristique des courroies crantées [6].

IV.2.2. Les caractéristiques de la courroie trapézoïdale crantée synchrone [11].

Trois parties sont à distinguer :

- l'âme de la courroie, constituée de câbles torsadés en fibre synthétique (verre) ou métalliques destinés à supporter l'effort de traction, sans s'opposer de façon notable à la flexion.
- Un revêtement souple en néoprène assurant le maintien en place des câbles et des dents en néoprène moulées en une seule opération avec ce revêtement.
- Un tissu de nylon, de hautes résistances à l'usure et faible facteur de frottement recouvert les surfaces en contact avec les poulies.

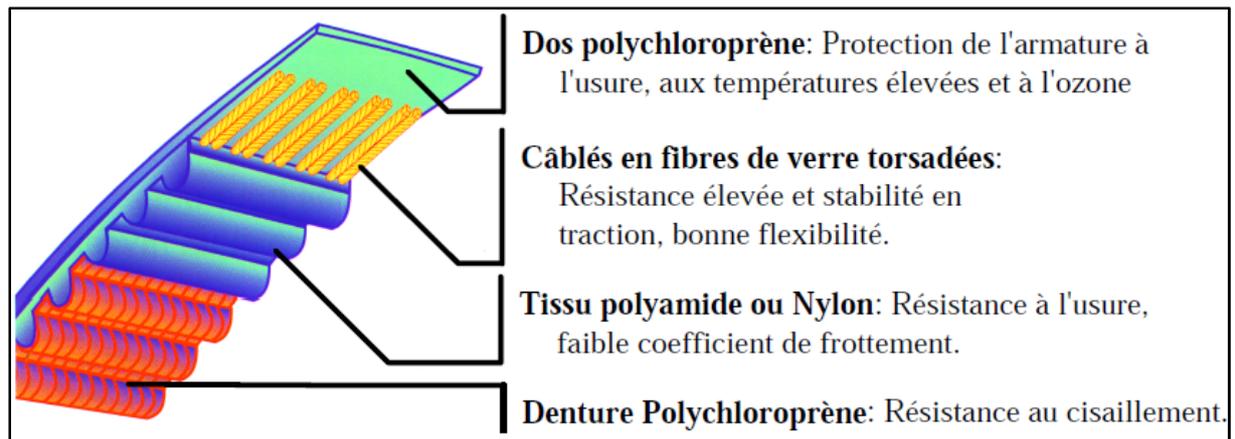


Figure IV. 36: Description des éléments d'une courroie [10].

Tableau IV. 4 : caractéristique de la courroie trapézoïdale synchrone [7].

Puissance transmissible [KW]	Jusqu'à 95 kW pour une longueur b=100 mm
Rapport de transmission	$\leq 1/10$
Vitesse de courroie [m/sec]	≤ 60
Rendements [%]	≤ 98
Tenue en température [°C]	-40 à +100
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> -Machine de bureau - Rotatives (imprimeries) -Outil portatifs -Réducteurs de vitesse -Commande d'ascenseur -Entrainement arbres à cames -Mécanismes de positionnement -Compteurs.

IV.3. Calcul sur les courroies crantées [6]

Il est analogue à celui des autres courroies.

➤ Rapport de transmission :

Le rapport de transmission est donné par l'équation suivante :

$$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (\text{IV.1})$$

N : vitesse de rotation (tr/min)

ω : vitesse angulaire (rad/s)

$$\omega_i = \frac{2\pi N_i}{60} \quad (\text{IV.2})$$

C : couple moteur (N.m)

$$C = \frac{P}{\omega} \quad (\text{IV.3})$$

P : La puissance de moteur (KW).

D: diamètre de la poulie (mm)

Z : nombre de dents (pour le cas d'une vis sans fin : il s'agit de nombre de filet).

Langueur de la courroie [8]

La longueur de la courroie est égale à la somme des longueurs de ses deux sections droites (mesurées entre les points de tangence avec les poulies) et des longueurs de contact avec les poulies.

Pour les poulies à axes parallèles, il faut faire la distinction entre les courroies droites et les courroies croisées.

- **Axes parallèles, courroie droite**

C'est le cas qu'on rencontre le plus souvent en pratique. L'angle d'enroulement sur la petite poulie est donné par (figure IV.37).

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\beta = \pi - 2\beta \quad (\text{IV.4})$$

Où

$$\beta = \sin^{-1} \frac{d_2 - d_1}{2C} \quad (\text{IV.5})$$

Et l'angle d'enroulement sur la grande poulie est donné par

$$\theta_2 = \pi - 2\beta \quad (\text{IV.6})$$

Des relations géométriques simples permettent de déterminer la longueur L de la courroie (**cas de deux poulies**) :

$$L = \sqrt{4C^2 - (d_2 - d_1)^2} + \frac{1}{2} (d_2 \theta_2 + d_1 \theta_1) \quad (\theta_1 \text{ et } \theta_2 \text{ en rad})$$

Pour faciliter le calcul, on exprime la longueur de la courroie à l'aide de la relation suivante :

$$L \approx 2C + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4C} \quad (\text{IV.7})$$

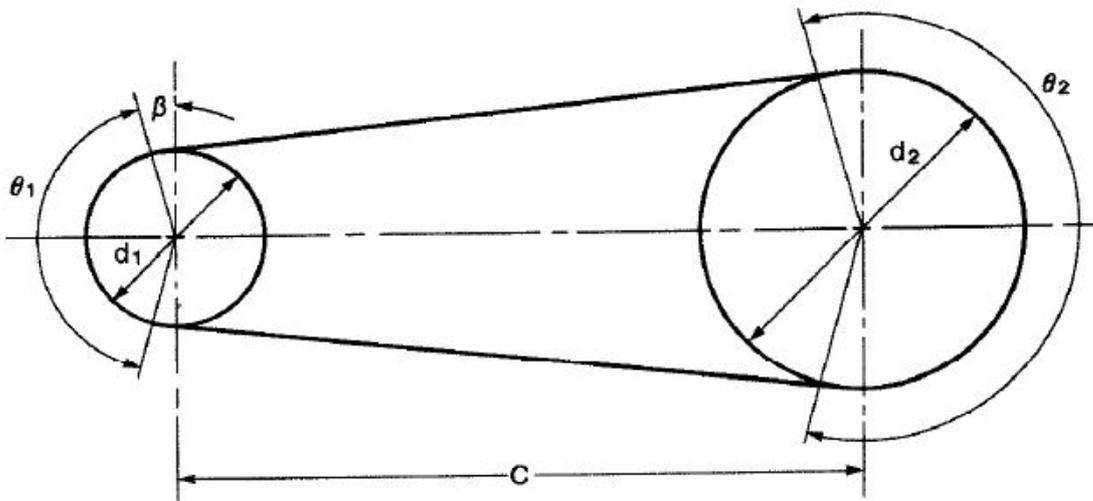


Figure IV. 37: courroie droite [8].

- **Axes parallèles, courroie croisée :**

Dans ce cas, rarement rencontré, l'angle d'enroulement sur la petite poulie est égal à l'angle d'enroulement sur la grande poulie (figure IV.38).

$$\theta = \theta_1 = \theta_2 = \pi + 2\beta \quad (\text{IV.8})$$

Où

$$\beta = \sin^{-1} \frac{d_2 + d_1}{2c} \quad (\text{IV.9})$$

Comme dans le cas précédent, on peut facilement déterminer L

Ainsi
$$L = \sqrt{4C^2 - (d_2 + d_1)^2} + \frac{\theta}{2}(d_2 + d_1)$$

Ici encore, on exprime la longueur de la courroie à l'aide de l'équation suivante :

$$L \approx 2C + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4C} \quad (\text{IV.10})$$

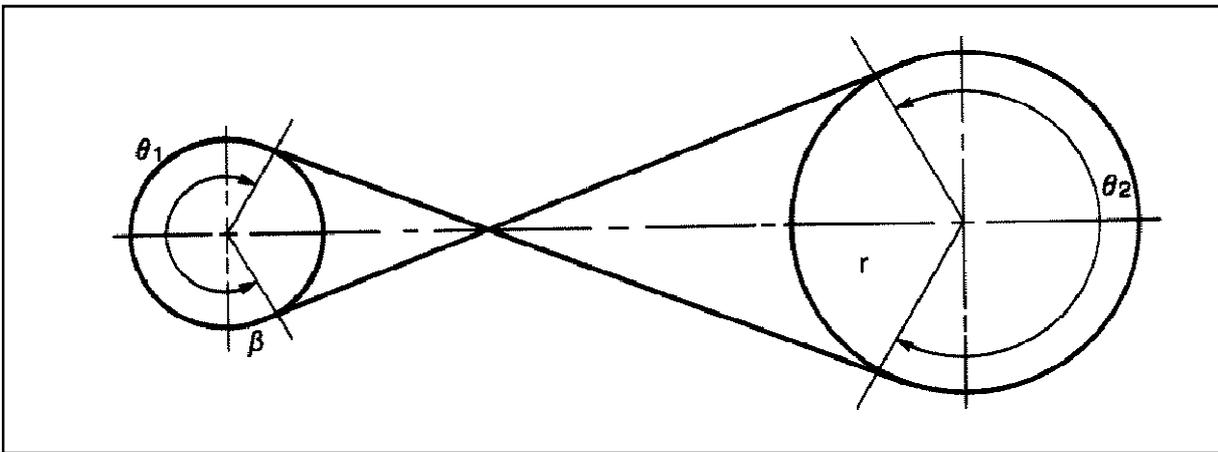


Figure IV. 38: courroie croisée [8].

Puissance transmise

La puissance transmise par une courroie est donnée par l'équation suivante :

$$P = Cw_1 = (F_1 - F_2)V \quad (\text{IV.11})$$

Où
$$C = (F_1 - F_2) \frac{d_1}{2} = \frac{P}{w} \quad (\text{IV.12})$$

Et

$$w_1 = \frac{2\pi n_1}{60} \quad (\text{En rad/s})$$

$$P = \frac{\pi d_1 n_1 (F_1 - F_2)}{60 \cdot 1000} \quad (\text{En W})$$

Calcul du couple Transmis (C)

$$P = C * w_1 \Rightarrow C = \frac{P}{w_1}$$

Avec

$$W_1 = \frac{2\pi N_1}{60} = \frac{\pi N_1}{30}$$

➤ Puissance corrigée

P_c est la puissance corrigée qui permet le choix d'une section de courroie normalisée [13].

$$P_c = K.P \text{ (en KW)} \quad (\text{IV.13})$$

D'où :

K : facteur de service déterminé à l'aide de (tableau IV.4).

➤ Calcule de l'effort tangentiel

$$T = (F_1 - F_2) \quad (\text{IV.14})$$

Où :

F_1 : tension dans le brin tendu en N.

F_2 : tension dans le brin mou en N.

IV.4. les avantages et les inconvénients de courroies [9].

➤ **Les avantages :**

Elles sont faciles à concevoir, silencieuses et souples d'emploi ; elles donnent une grande liberté pour positionner les organes moteurs et récepteurs.

Elles sont économiques et remplacent de plus en plus souvent, les engrenages, les arbres et les paliers des diverses transmissions rigides.

Leur élasticité permet de réduire les vibrations, les chocs, les à-coups de transmission.

➤ **Les inconvénients :**

Durée de vie limitée, il est nécessaire de prévoir un plan d'entretien périodique pour surveiller l'usure et le vieillissement.

Le rapport de transmission est variable (glissement de la courroie sur les poulies).

IV.5. Matériaux des courroies

Les premières courroies étaient faites de matériaux naturels (cuir, tissu fort, caoutchouc), alors qu'aujourd'hui on rencontre presque exclusivement des courroies faites de matériaux composites synthétiques. Les principaux matériaux utilisés pour la fabrication des courroies sont donc : le cuir, les tissus caoutchoutés et les caoutchoucs ou élastomères renforcés.

Cuir : Matériau classique des premières courroies, le cuir n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui à cause de son prix élevé et de sa vulnérabilité aux conditions atmosphériques.

Toutefois, pour remplacer le cuir naturel, on utilise des composites cuirs perlon, cuir nylon ou cuir resalant, caractérisés par leur grande durabilité. L'utilisation du cuir est en fait limitée aux petites et moyennes vitesses.

Tissus caoutchoutés : Ce sont des textiles en fibres de coton, de nylon ou autre, imprégnés de caoutchouc, ce qui augmente leur coefficient de frottement. Les courroies faites de tissus caoutchoutés n'étant disponibles qu'en rouleaux, il faut relier par un joint les extrémités du morceau coupé.

Caoutchoucs ou élastomères renforcés : Ces composites sont utilisés pour fabriquer des courroies sans fin et des courroies en rouleaux, avec lesquelles on fabrique des courroies plates avec joints vulcanisés ou encollés. Pour augmenter leur résistance à la traction, on renforce ces composites avec des fils de nylon, des fibres de verre, d'acier ou de carbone. Ces composites peuvent transmettre une puissance pouvant atteindre 30 kW par cm de largeur de courroie à des vitesses allant jusqu'à 20 m/s [8].

IV.6. But du projet

Le but de notre travail est de vérifier le dimensionnement de système de transmission par poulie et courroie crantée de l'onduleuse de la chaîne de fabrication du carton ondulé de l'entreprise Général Emballage d'Akbou.

Il s'est avéré que les courroies en question se cassent (se rompent) très souvent ce qui génère des arrêts fréquents de la production et des consommations excessives des courroies.

Donc dans un premier temps, nous avons étudié le fonctionnement de la machine et déterminé toutes les caractéristiques techniques et dimensionnelles du système de transmission de puissance à savoir :

- Vitesses de rotation des différentes poulies ainsi que leurs dimensions et leur nombre de dents.
- Caractéristiques techniques et dimensionnelles de la courroie utilisée.

Dans un deuxième temps nous allons déterminer l'effort tangentielle à transmettre par la courroie et la comparer avec la force tangentielle transmissible par la courroie utilisée.

Si l'effort calculé est supérieure à la force tangentielle admissible par la courroie utilisée, cela veut dire que le système est mal dimensionné et qu'il faut le revoir c'est-à-dire redimensionner tout le système en tenant compte en plus des conditions de fonctionnement pour un choix fiable et sûr de la courroie.

IV.6.calcul de vérification de l'effort admissible par la courroie

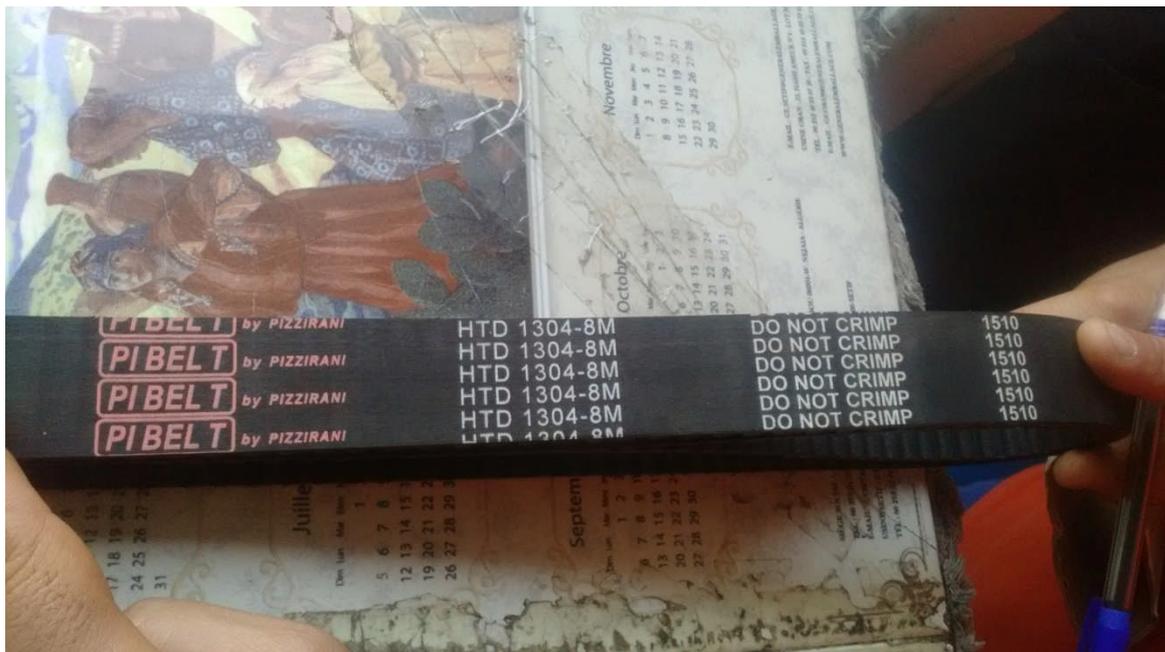
Chaque courroie a son effort admissible désigné par le constructeur, notre courroie HTD 1304-8M-30 à un effort qu'elle peut supporter $T=1800N$.

IV.7.1. Type de courroie utilisée : 1304-8M-30 HTD (High Torque Drive)

La figure IV.39 montre le type de courroie utilisé et ses caractéristiques sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau IV. 5. Caractéristique de la courroie.

Référence	1304-8M-30
Description	1304-8M-30 HTD TIMING BELT
Longueur	1304 mm
Largeur	30 mm
Nombre de dents	163
Pas	8 mm
La hauteur totale	5.6 mm
Hauteur des dents	3.38 mm
Poids	0.171 Kg
Force tangentielle transmissible	1800N

**Figure IV. 39 :** image de la courroie HTD 1304-8M

IV.8.caractéristiques du moteur d'entraînement

Le moteur utilisé pour faire actionner les deux cylindres (doseur et encolleur) est un moteur triphasé asynchrone et le tableau suivant illustre ses caractéristiques.

Tableau IV. 6. caractéristique de moteur [1].

Constructeur	SIEMENS
POIDS	46.1 Kg
Puissance brute (p)	2.2 KW
Tension	230/400 V O/Y
Fréquence	50 Hz
Tension de réducteur T₂	121 Nm
vitesse de rotation du moteur (N₁)	1435 T/min
vitesse de rotation sortie réducteur (N₂)	173 T/min

IV.9. calcul de la force tangentielle transmise par la courroie utilisée

Dans un premier temps nous allons calculer cet effort sans tenir des conditions de fonctionnement et tirer une première conclusion.

Si l'effort à transmettre est supérieur à l'effort admissible par la courroie ça veut dire que la courroie doit se casser et ne peut transmettre cet effort et il faut donc faire un autre choix de la courroie en la dimensionnant au préalable.

On a :
$$P = c * w_1 = (F_1 - F_2)V$$

P : puissance transmise par le moteur d'entraînement.

C : couple transmis en N.m

W₁ : vitesse de rotation de la poulie menante en rd /s

Avec
$$W_1 = \frac{2\pi N_1}{60} \quad (N_1 \text{ en tr/mn}).$$

Nous avons aussi :

$$C = (F_1 - F_2) \frac{d_1}{2}$$

Tel que $F_1 - F_2 = T$ qu'est l'effort tangentiel à transmettre en N.

Où :

F_1 : tension dans le brin tendu en N.

F_2 : tension dans le brin mou en N.

d_1 : diamètre de la poulie menante.

➤ **Calcul de la vitesse de rotation W_1**

$$w_1 = \frac{2\pi N_1}{60} = \frac{6.28 * 173}{30}$$

$$w_1 = 18.11 \text{ rd/s}$$

➤ **Calcul du couple transmis**

$$C = \frac{P}{w_1} = \frac{2200}{18.11}$$

$$C = 121.5 \text{ N.m}$$

➤ **Calcul de l'effort tangentiel appliqué sur la courroie**

$$T = (F_1 - F_2) = \frac{2C}{d_1}$$

Tel que

C : étant le couple transmis en N.m

d_1 : diamètre de la poulie menante

Avec $C = 121.5 \text{ N.m}$

$d_1 = 90 \text{ mm}$

Soit

$$T = (F_1 - F_2) = \frac{2C}{d_1} = \frac{121.5 * 2}{0.090}$$

$$T = (F_1 - F_2) = 2700 \text{ N} > 1800 \text{ N}$$

La courroie utilisée ne supporte qu'un effort tangentiel de 1800N. Voir tableau IV.4 ce qui est très inférieur à l'effort appliqué théorique calculé et ceci sans tenir compte encore des conditions de fonctionnement et de la force centrifuge.

C'est pour cela que la courroie utilisée se rompt très fréquemment et qu'il faut redimensionner tout le système de transmission.

Nous allons dimensionner de nouveau cette transmission en tenant compte en même temps de toutes les conditions de fonctionnement qui nous permettra de choisir des courroies capables de transmettre la puissance corrigée en toute sécurité et ainsi obtenir une longue durée de vie celle-ci.

Tableau IV. 7: force tangentielle transmissible par l'armature [12].

■ Facteur de largeur c_6							
Largeurs de courroie		20	30	40	50	65	85
Facteur c_6		1	1,58	2,16	2,73	3,6	4,76

■ Force tangentielle transmissible par l'armature							
Largeurs de courroie	b (mm)	20	30	40	50	65	85
Courroie CONTI® SYNCHROFORCE HTD 8M CXP							
F_N armature fibre de verre	(N)	1150	1800	2450	3100	4000	5300
Poids	(kg/m)	0,114	0,171	0,228	0,285	0,37	0,485
Courroie CONTI® SYNCHROFORCE HTD 8M CCA							
F_N armature aramid	(N)	1900	2900	3900	4900	6300	8300
Poids	(kg/m)	0,083	0,124	0,165	0,206	0,267	0,351

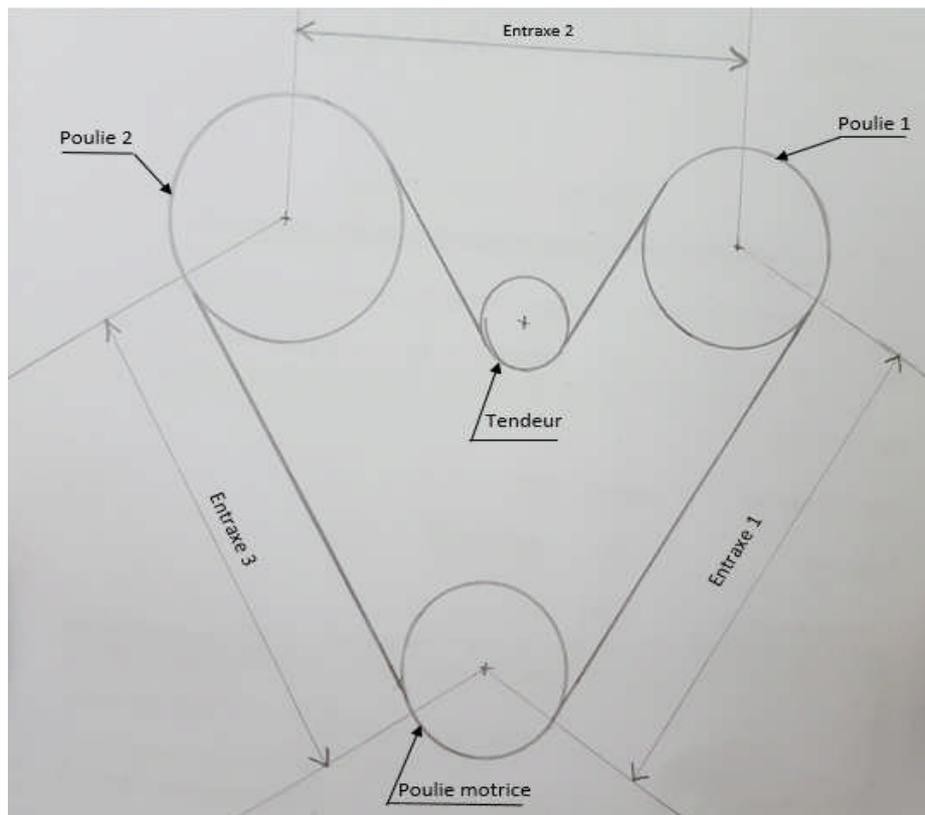
IV.10: dimensionnement du système complet de la transmission de puissance

Figure IV. 40 : schéma de transmission de puissance par poulie et courroie

Tel que :

- La poulie motrice entraînée par l'axe de réducteur.
- La poulie menée 1 entraîne le cylindre doseur.
- La poulie menée 2 entraîne le cylindre encolleur.
- Entraxe 1 est de 385 mm.
- Entraxe 2 est de 250 mm.
- Entraxe 3 est de 300 mm.

Donnée initiales :

- Moteur synchrone triphasé
- Puissance du moteur = 2.2 kw.
- Vitesse de rotation du moteur = 1435 tr /mn.
- Vitesse de sortie du réducteur = 173 tr/mn.
- Caractéristiques des poulies (voire le tableau IV.5)

Tableau IV. 1: caractéristiques des poulies

Les poulies	Diamètre	Nombre de dents
Poulie menante	90	36
Poulie menée 1	95	38
Poulie menée 2	100	38
tendeur de courroie	65	40

➤ **Calcul de la puissance corrigée [13].**

$$P_c = K.P$$

P_c : puissance corrigée transmet par le moteur d'entraînement.

P : puissance transmet par le moteur d'entraînement est égale à 2.2 kW.

K : le facteur de surcharge en service déterminé dans le tableau IV.11

Pour une machine outil entraînée par un moteur électrique on choisit dans des conditions normales d'utilisation (>16 heures par jour)

$$K = 1.3$$

Par conséquent

$$P_c = 1.3 * 2.2$$

$$P_c = 2.86 \text{ KW} = 2860 \text{ W}$$

Tableau (IV.11) : facteur de service K [13].

Machines réceptrices	Machines motrices					
	Moteurs à courant alternatif : à couple normal, à cage d'écuréuil, synchrone, à enroulements auxiliaires. Moteurs à courant continu en dérivation. Moteurs : à combustion interne multicylindres*			Moteurs à courant alternatif : à couple élevé, à fort glissement, à répulsion-induction, monophasé, en série à bagues. Moteurs à courant continu : en série, compound. Moteurs à combustion interne : monocylindres* Arbres de transmission Embrayages		
	Service intermittent	Service normal	Service continu	Service intermittent	Service normal	Service continu
Les machines reprises ci-dessous ne sont que des exemples repré- sentatifs. Choisissez parmi les groupes ci- dessous celui qui se rapproche le plus de votre application.	< 8 h par jour ou saisonnier	8-16 heures par jour	> 16 heures par jour	< 8 h par jour ou saisonnier	8-16 heures par jour	> 16 heures par jour
Agitateurs pour liquides Souffleurs et extracteurs Pompes centrifuges et compresseurs Ventilateurs jusqu'à 7,5 kW Transporteurs de faible puissance	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transporteurs par courroie (sable, grains, etc.) Malaxeurs de pâtes Ventilateurs au-dessus de 7,5 kW Génératrices Arbres de transmission Équipement de blanchisserie Machine-outils Poinçonneuses, presses, cisailles Matériel d'imprimerie Pompes rotatives à déplacement positif Cribles rotatifs et vibrants	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Machines de briqueterie Elévateurs à godets Excitatrices Compresseurs à piston Transporteurs (à raclettes, à palettes, à vis) Broyeurs à marteaux Pompes à piston Presses d'imprimerie Ventilateurs volumétriques Pulvérisateurs Machines pour scieries et le travail du bois Machines textiles	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Concasseurs (giratoires, à mâchoires, à cylindres) Broyeurs (à boulets, à barres tubu- laires) Palans et treuils Calandres et extrudeuses pour l'industrie du caoutchouc	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

➤ **Calcul du couple transmis (C).**

$$P_c = C * w_1 \Rightarrow C = \frac{P_c}{w_1}$$

Avec
$$w_1 = \frac{2\pi N_1}{60} = \frac{\pi N_1}{30}$$

➤ **Calcul de la vitesse de rotation w_1**

$$w_1 = \frac{2\pi N_1}{60} = \frac{6.28 * 173}{60}$$

$$w_1 = 18.11 \text{ rd/s}$$

Ce qui donne :

$$C = \frac{P_c}{w_1} = \frac{2860}{18.11}$$

$$C = 157.92 \text{ N.m}$$

➤ **Calcul de l'effort tangentiel appliqué sur la courroie**

On a :
$$T = (F_1 - F_2) = \frac{2C}{d_1}$$

Soit :
$$T = (F_1 - F_2) = \frac{2C}{d_1} = \frac{157.92 * 2}{0.090}$$

Donc
$$T = 3509.41 \text{ N} > 1800 \text{ N}$$

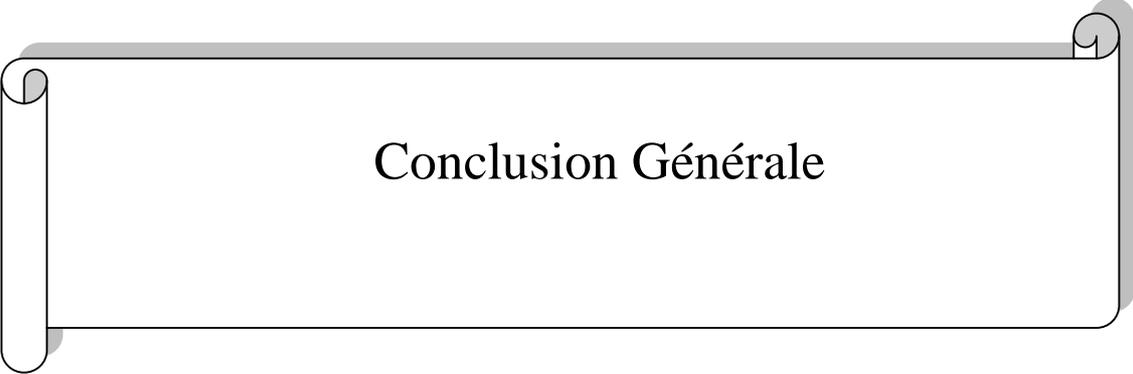
⇒ La condition de résistance n'est pas vérifiée.

Conclusion

D'après les résultats trouvés (théorique et pratique) on a abouti à la conclusion qui est la suivante, c'est que la courroie utilisée ne supporte pas l'effort tangentiel transmis.

C'est pour cela que la courroie utilisée se rompt très fréquemment et pour éviter cela on a opté pour ces deux solutions suivantes :

- Le changement de la courroie utilisée par une autre qui a un effort tangentiel supérieur à 3509 N par exemple la courroie HTD-8M-40 en armature aramide
- Le changement de largeur de la courroie et la largeur des poulies en gardant la même vitesse de rotation des poulies et le même matériau, par exemple on utilise la courroie HTD-8M-65 en armature de fibre de verre.



Conclusion Générale

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire constitue une contribution à l'étude et dimensionnement du système d'alimentation d'une machine à façonner le carton ondulé utilisé au niveau de l'entreprise Général emballage d'Akbou.

Un stage pratique au sein de l'unité général emballage nous a permis de prendre connaissance de différentes machines de fabrication et de transformation du carton ondulé, leurs rôles et leurs caractéristiques et parmi ces machines la ligne onduleuse.

Le procédé de fabrication du carton ondulé débuté avec l'arrivée des bobines de papiers à l'onduleuse transportées sur un tapis roulant ensuite le porte bobine alimentera la machine en papier passant par différentes sections principales jusqu'à la réception on obtient des plaques de carton ces derniers sont transportés vers la section de transformation pour le transformer en produit fini.

D'après les résultats trouvés (théorique et pratique) on a remarqué que la courroie utilisée, elle ne supporte pas l'effort tangentiel transmis par ce qu'il est supérieure à son effort admissible qu'elle peut supporter.

C'est pour cela que la courroie utilisée se cisaille très fréquemment et pour éviter cela on a opté pour ces deux solutions suivantes :

La première, le changement de la courroie utilisée par une autre qu'a un effort tangentiel supérieur à 3509 N, par exemple la courroie HTD-8M-40 en armature aramide.

La deuxième, changement de largeur de la courroie et la largeur des poulies on gardant la même vitesse de rotation des poulies et le même matériau, exemple on utilise la courroie HTD-8M-65 en armature de fibre de verre.

Références Bibliographiques

- [1] Documents de l'entreprise Général Emballage consulté en 2017
- [2] Guide pratique professionnel, Carton ondulé de France.pdf, site internet : <http://www.cartononduledefrance.org> consulté en 2017
- [3] Etienne Bernot, Guide pratique autour du carton -Manuela Houssou.pdf, Edition 03/2013.
- [4] Electromécanicien[ne] de Maintenance Industrielle, Notice Technique : Transmissions, Centre de formation de Foulayronnes.pdf, édition 2013
- [5] Document pédagogique, La transmission du mouvement dans tous ses mécanismes.pdf, site internet : www.notice-gratuites.com, publié le 03 oct 2013, consulté en 2017.
- [6] Jean-Louis Fanchon, Guide des sciences et technologies industrielles.pdf, Edition 1994.
- [7] P.JOHO cour de transmission de puissance système poulies-courroie site internet : <http://joho.monsite.orange.fr/> consulté en 2017.
- [8] Gilbert Drouin, Michel Gou, pierre Thiry, Robert Vinet, Elément de machine ,Deuxième édition revue et augmentée, Editions de l'école polytechnique de Montréal, 2^{ème} édition 1986.
- [9] Laurent Teillard, Dossiers thermiques Transmission par chaines et courroies .pdf, collège Camille claudel année 2004.
- [10] Christophe Monternot, thèse comportement dynamique des transmissions de puissance par courroie dentée, ecole doctorale des sciences de l'ingénieur de Lyon 1998.
- [11] M.Aublin, R. Boncompain, Mboulaton, E. Jeay, D. Carton, Système mécanique théorie et dimensionnement, Paris, 1992.
- [12] Catalogue courroies, transmissions synchrones courroies poulie pour l'industrie.pdf, site internet : www.binder-magnetic.com consulter en 2017.
- [13] Francis Esnault, construction mécanique transmission de puissance, 2^e édition 2002.