

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix - Travail - Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEUR  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE  
D'EBOLOWA  
DEPARTEMENT DE GENIE  
MECANIQUE

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace - Work - Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TECHNICAL TEACHER  
TRAINING COLLEGE OF  
EBOLOWA  
DEPARTMENT OF  
MECHANICAL  
ENGINEERING

\*\*\*\*\*

**Filière**  
**CONSTRUCTION MECANIQUE**

**ETUDE ET REALISATION D'UNE MACHINE  
A DECORTIQUER LES GRAINES DE  
COURGES**

Mémoire de fin d'étude  
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement  
Technique et  
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : NGANGO PENDA Cynthia Julie

Sous la direction de  
**M EMATA Clovis**  
**PLET-P en fabrication mécanique**  
**Pr. BETENE Fabien**  
Maitre de Conférences à l'Université de  
DOUALA

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE

*A ma mère ABOUANG Alice Jeanne*

*Epse NGOUNI*

## REMERCIEMENTS

Tout travail de recherche est une aventure vers un chemin inconnu qu'on est obligé de suivre en espérant obtenir les résultats escomptés. Au cours de ce long travail, nous avons été soutenus par les uns et les autres. Avant de présenter notre travail, il est donc impératif de s'acquitter du devoir du cœur vis-à-vis de tous ceux qui ont apporté leur modeste contribution à l'atteinte de ces résultats. Ainsi, nos sincères remerciements vont à l'endroit de :

- ❖ Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé, Directeur de l'ENSET d'EBOLOWA qui nous a accueillis dans son Etablissement, nous a permis de mener nos études et approfondies nos connaissances dans le domaine de la construction Mécanique dans des conditions largement favorables ;
- ❖ Pr KANAA Thomas, Chef du Département de Génie Mécanique pour sa supervision organisée au cours de l'élaboration de ce mémoire ;
- ❖ Pr BETENE EBANGA Fabien pour sa supervision organisée au cours de l'élaboration de ce mémoire ;
- ❖ M. EMATA Clovis pour son encadrement, sa disponibilité, ses conseils prodigués et le suivi permanent de ce travail ;
- ❖ Tout le personnel administratif et tous les enseignants de l'ENSET d'EBOLOWA particulièrement à ceux du Génie Mécanique pour leurs encadrements et les enseignements que nous avons reçus tout au long de ma formation ;
- ❖ Aux Familles BOKALLY, NGANGO, HAMAN DAIROU et HAMIDOU pour leurs soutiens incommensurables ;
- ❖ Aux Dr OTTOU Cécile veuve NGANGO ; Mme MBOZO'O et Mme veuve NDZANA
- ❖ A tous nos frères et sœurs : Liliane, Charles, Edmond, Katy, Annie, Passy, Éric, fifi ;
- ❖ A Ing OUSSOUMANOU mon amour pour son soutien durant mes années d'études ;
- ❖ Nos camarades de la 2<sup>ème</sup> promotion GM ;
- ❖ Tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail.

## AVANT-PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) D'EBOLOWA est un établissement de l'Université de Yaoundé I ayant pour principal objectif la formation des professeurs de lycées d'enseignement technique.

Cet établissement comprend deux cycles à savoir :

- ❖ Le 1er cycle dont la formation prépare au DIPET 1
- ❖ Le 2nd cycle dont la formation prépare au DIPET 2

Conformément à l'arrêté ministériel N°042/MESIRES du septembre 1991 dans son article 30, stipule qu'un mémoire de recherche sous forme de projet doit être présenté à la fin de chaque cycle. Le thème doit porter sur la spécialité de l'étudiant ou sur un problème d'ordre pédagogique. Cette disposition a pour principal objectif d'appliquer les connaissances acquises au cours de nos deux années de formation. C'est en s'inscrivant sur cette visée et en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique grade 2 (DIPET 2), que nous avons en toute modestie rédigé ce projet intitulé : « **ETUDE ET REALISATION D'UNE MACHINE A DECORTIQUER LES GRAINES DE COURGES** » en vue de l'obtention du Diplôme de professeur d'Enseignement Technique du second grade DIPET 2.

Ce projet nous a permis d'atteindre l'un des objectifs visés par les enseignants à l'ENSET, à savoir : faire une démonstration du savoir et du savoir-faire que nous avons acquis durant ces deux années de formation. Nous voudrions par ce travail concilier les études théoriques et la réalité pratique, ceci par la réalisation d'une machine dont le but est de : permettre aux consommateurs de pistache de séparer en grande quantité et plus rapidement les amandes des coques.

Il est aussi important de souligner que le contexte sied également avec les politiques gouvernementales du Cameroun qui sont dans un élan d'industrialisation de plusieurs secteurs d'activités et de la transformation des produits agro-alimentaires.

Nous espérons par ce travail apporter la marque, un plus à l'édifice de la technologie

## RESUME

Les graines de courges sont des aliments très prisés par de nombreuses personnes vu ce qu'elles apportent à l'organisme comme vitamines et vertus thérapeutiques. Toutefois, nous avons constaté qu'il y a une grande différence de prix entre le pistache décortiqué et le non décortiqué soient 200 Frs CFA et 600 Frs pour la contenance d'un petit verre à eau. Après avoir fait une enquête auprès des commerçants il en ressort que cette différence est due à la pénibilité que pose le décortilage. C'est dans ce sens que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude intitulé « **ETUDE ET REALISATION D'UNE MACHINE A DECORTIQUER LES GRAINES DE COURGES** ». Le but de ce travail est de concevoir une machine pour décortiquer les graines de courge tout en conservant leur qualité et leur forme. Ainsi, dans l'optique de mener une étude méthodique tout en restant dans le contexte, nous avons établi un cahier des charges dans lequel nous avons défini les objectifs ; élaborer un plan de travail ; faire un choix sur les méthodes et outils de résolution.

Après une recherche bibliographique sur les courges, les techniques de décortilage de courges ainsi que d'autres cultures décortiquables et les machines à décortiquer existantes. Nous avons, par conséquent, effectué une analyse systématique des besoins afin de générer des solutions. Ainsi, nous avons tout d'abord effectué une étude des différentes solutions de décortilage existante il en ressort que la *décortiqueuse de graine de courge manuelle CENEEMA* présente plus d'avantage, ensuite une étude conceptuelle nous a permis de dimensionner les principaux éléments, en fin une étude de fabrication qui a débouché à la réalisation d'un prototype avec les éléments suivants :

- Un moteur électrique asynchrone triphasé de type LS 100 L : **2.2 KW – 1500tr/min – 230/240V – 50Hz – IP 55**
- Poulies : poulie réceptrice **SPA 350** poulie moteur **SPA 140**
- Une courroie **SPA 1709**
- Clavettes : **A 8 × 7 × 18**
- Roulements : **SKF6006**

La réalisation de notre prototype nous donne un Montant total TTC = 1 485 725 Frs CFA (un million quatre cents quatre-vingts cinq mille sept cent vingt-cinq Frs CFA), des recommandations relatives à la maintenance préventive ont été faites.

**Mots clés** : graines de courge ; coque dure ; amandes ; pistache ; machine à décortiquer

## ABSTRAT

Pumpkin seeds are very popular foods for many people because of their vitamins and therapeutic properties. However, we found that there is a big price difference between the shelled pistachio and the unshelled pistachio, 200 Frs CFA and 600 Frs for the capacity of a small water glass. After carrying out a survey of the traders, it appears that this difference is due to the arduousness of the shelling. It is in this sense poses that our final thesis entitled **"STUDY AND REALIZATION OF A MACHINE TO DECORTICATE SEEDS OF PUMPKINS"** fits. The goal of this work is to design a machine to shell the pumpkin seeds while maintaining their quality and shape. Thus, with a view to carrying out a methodical study while remaining in context, we have established specifications in which we have defined the objectives; develop a work plan; make a choice on the resolution methods and tools.

After a bibliographic research on the squash, the techniques of hulling of squash as well as other hullable cultures and the existing hulling machines. We have therefore carried out a systematic needs analysis in order to generate solutions. Thus, we first carried out a study of the different existing shelling solutions it appears that the CENEEMA manual squash seed huller has more advantage, then a conceptual study allowed us to size the main ones, finally a study which lead to the realization of a prototype with the following elements:

- A three-phase asynchronous electric motor type LS 100 L : 2.2 KW - 1500rpm - 230 / 240V - 50Hz - IP 55
- Pulleys : SPA 350 take-up pulley SPA 140 motor pulley A SPA 1709 belt
- Keys : A  $8 \times 7 \times 18$
- Bearings : SKF6006

The realization of our prototype gives us a total amount including tax = 1,485,725 Frs CFA (one million four hundred eighty-five thousand seven hundred twenty-five CFA francs), recommendations relating to preventive maintenance have been made.

**Keywords** : pumpkin seeds ; hard shell ; almonds ; pistachio ; peeling machine.

## TABLE DE MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
AVANT-PROPOS .....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRAT.....	v
TABLE DE MATIERES .....	vi
LISTES DES TABLEAUX.....	x
LISTES DES FIGURES.....	xi
LISTES DES ABREVIATIONS.....	xiii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES .....	2
I-1    GENERALITES SUR LES COURGES.....	2
I-1-1    Origines .....	2
I-1-2    Description .....	2
I-1-3    Variétés.....	3
I-1-4    Valeur nutritionnelle .....	6
I-1-5    Utilisations .....	6
I-1-6    Autres utilisations des courges .....	8
I-2    CAPACITE DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION DES GRAINES DE COURGES AU CAMEROUN.....	9
I-2-1.    Technique de culture des variétés à coque dure .....	9
I-2-2.    Capacité de production.....	10
I-2-3.    Marche de la consommation .....	11
I-3    GENERALITES SUR LES METHODES DE DECORTIQUAGE.....	12
I-3-1)    Méthodes traditionnelles manuelles .....	12

I-3-2) Méthodes traditionnelles mécaniques .....	16
I-3-3) Méthodes industriels .....	17
CHAPITRE II : REVUES DE LA LITTERATURE .....	21
II-1 ANALYSE DES BESIONS .....	21
II.1.1 Diagramme bête a corne.....	21
II.1.2 Diagramme pieuvre .....	22
II.1.3 Hiérarchisation des fonctions .....	25
II.1.4 Analyse fonctionnelle technique : FAST (Function Analysis System Technique). 26	
II.1.5 Analyse des solutions existantes .....	27
II.1.6 Choix de la solution.....	31
CHAPITRE III : ETUDE CONCEPTUELLE .....	33
III.1. CARACTERISATION DE LA GRAINE.....	33
III.1.1 Description générale.....	33
III.1.2 Caractéristiques d'identification .....	33
III.1.3 Caractéristiques géométriques.....	34
III.1.4 Caractéristiques physiques .....	39
III.2. DETERMINONS LES CARACTERIQUES DU MOTEUR .....	40
III.2.1 Calcul de la puissance nécessaire pour rompre la coque de n graines .....	41
III.2.2 Choix du moteur.....	41
III.3. DIMENSIONNEMENT LES ELEMENTS DE TRANSMISSION DE PUISSANCE .....	42
III.3.1 Puissance de service .....	43
III.3.2 Choix de la section de la courroie .....	43
III.3.3 Choix du diamètre primitif des poulies $d_p$ et $D_p$ .....	43
III.3.4 Calcul de l'entraxe approximatif $a'$ .....	44
III.3.5 Calcul longueur de la courroie .....	44
III.3.6 Puissance admissible de la courroie .....	45

III.3.7	Nombre nécessaire de courroies.....	45
III.3.8	Calcul des tensions de fonctionnement dans la courroie.....	45
III.4.	DIMENSIONNER LES ELEMENTS TOURNANTS .....	47
III.4.1	Modélisation et inventaires des actions mécaniques sur arbre.....	47
III.4.2	Détermination des réactions aux appuis.....	48
III.4.3	Détermination des actions mécaniques internes aux appuis .....	50
III.4.4	DIAGRAMME DES MOMENTS .....	53
III.4.5	Détermination du diamètre minimal de l'arbre .....	54
III.5.	DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE GUIDAGES .....	55
III.5.1)	Dimensionnement la clavette.....	55
III.5.2)	Dimensionnement du palier de roulements .....	56
III.6.	ETUDE GRAPHIQUE .....	58
III.6.1.	Dessin d'ensemble .....	58
III.6.2.	Cotation fonctionnel .....	59
III.6.3.	Dessin de définition .....	60
CHAPITRE IV :	ETUDE DE FABRICATION, COUT ET EXPLOITATION DE L'EQUIPEMENT.....	61
IV.1.	ANALYSE DE FABRICATION.....	61
IV.1.1.	Cahier de charge de fabrication .....	61
IV.1.2.	Programme de fabrication de l'axe principale.....	61
IV.2.	PRESENTATION DU PROTOTYPE.....	68
IV.2.1.	Présentation du prototype .....	68
IV.2.2.	Difficultés de réalisations .....	68
IV.2.3.	Suggestions .....	68
IV.3.	ETUDE FINANCIERE DU PROTOTYPE.....	69
IV.3.1.	Devis du matériel.....	69
IV.3.2.	Amortissement des équipements et main d'œuvre .....	70

IV.3.3.	Estimation du cout de revient du prototype.....	71
IV.3.4.	Estimation du prix de vente d'une machine .....	71
IV.4.	PROPOSITION DE PLAN DE MAINTENANCE .....	71
CONCLUSION .....		73
BIBLIOGRAPHIE .....		74

## LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Familles des courges .....	3
Tableau 2 : Valeur nutritive des graines de courges .....	6
Tableau 3 : Répartition de la production nationale(source :MINADER SUD) .....	10
Tableau 4 : Répartition de la production du SUD( source : MINADER SUD).....	11
Tableau 5 : Caractérisation des fonctions .....	23
Tableau 6 : Tableau des tris croisés .....	25
Tableau 7 : Fréquences cumulées.....	26
Tableau 8 : Tableau des pondérations .....	31
Tableau 9 : Tableau statistique des largeurs des graines.....	35
Tableau 10 : Tableau statistique des épaisseurs des graines .....	36
Tableau 11 : Tableau statistique des masses des graines .....	37
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des dimensions des graines de courge .....	38
Tableau 13 : Résultats de l'expérience .....	40
Tableau 14 : Synthèse des caractéristiques du système poulies-courroies.....	46
Tableau 15 : Récapitulatif des valeurs extrêmes sur le tronçon 1 .....	51
Tableau 16 : Récapitulatif des valeurs extrêmes tronçon 2.....	52
Tableau 17 : Récapitulatif des valeurs extrêmes tronçon 3.....	53
Tableau 18 : Devis du matériel .....	69
Tableau 19 : Amortissement et main d'œuvre .....	70
Tableau 20 : Fiche de plan de maintenance préventive .....	72

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Description de la courge .....	3
Figure 2 : Variétés courges cultivées en Afrique .....	6
Figure 3 : Soupe Egousi et met de pistache .....	7
Figure 4 : Melon à la vapeur et sangha a feuilles de melon .....	7
Figure 5 : Assiette et gourde en calebasse.....	8
Figure 6 : Instruments de musiques et lampe décorative .....	8
Figure 7 : Tas de courge récoltée .....	9
Figure 8 : Courge en état de putréfaction .....	9
Figure 9 : Diagramme de production au Sud source MINADER .....	11
Figure 10 : Décorticage par mortier et pilon .....	13
Figure 11 : Méthodes par deux pierres .....	13
Figure 12 : Décorticage par choc et aperçus de la graine.....	14
Figure 13 : Schéma synoptique du procédé par choc .....	14
Figure 14 : Schéma synoptique du décorticage par pression des dents .....	15
Figure 15 : Méthode par pression à la pince .....	15
Figure 16 : Décortiqueuse d'arachides de DENIS MARCHAND (9) .....	16
Figure 17 : Vue écorchée du moulin .....	17
Figure 18 : Décortiqueuse de noix .....	17
Figure 19 : Décortiqueuse « GMBF » de type Engelberg avec moteur électrique .....	17
Figure 20 : Décortiqueuse FAO M164 (14) .....	19
Figure 21 : Décortiqueuse à tambour et cannelure verticale .....	19
Figure 22 : Diagramme bête à corne .....	21
Figure 23 : Diagramme pieuvre .....	22
Figure 24 : Diagramme de PARETO .....	26
Figure 25 : Diagramme FAST.....	27
Figure 26 : Décortiqueuse à pales à effet centrifuge .....	28
Figure 27 : Décortiqueuse à tambour et cannelure.....	29
Figure 28 : Décortiqueuse manuelle des graines de concombre (CENEEMA) .....	30
Figure 29 : Plante de Cucurbitacée.....	33
Figure 30 : Graines de Cucurbitaceae .....	34
Figure 31 : Dimensions de la graine.....	34
Figure 32 : Fréquences des masses .....	38

Figure 33 : Dispositif expérimental.....	39	
Figure 34 : Schéma synoptique du dimensionnement des courroies .....	42	
Figure 35 : Graphe de détermination du type de poulies .....	43	
Figure 36 : Modélisation de l'arbre .....	48	
Figure 37 : coupe fictive 1 .....	50	
Figure 38 : Schématisation de la coupe fictive du tronçon 2 .....	51	
Figure 39 : Coupe fictive tronçon 3 .....	52	
Figure 40 : Modélisation d'une clavette soumise au matage .....	55	
Figure 41 : Conduite	Figure 42 : Socle	Figure 43 : Trémie et socle
.....	.....	.....
		68

## LISTES DES ABREVIATIONS

Désignations	Abréviations	Unités
coefficient d'adhérence	f	
diamètre de l'arbre	D	Mm
Diamètre poulie	$D_p, d_p$	mm
Puissance du moteur	$P_m$	KW
Couple moteur	$C_m$	N.mm
Vitesse angulaire de rotation du moteur	$w_m$	rad/s
Effort tangentiel	$F_t$	N
Masse moyenne des graines	m	Kg
Variante	v	
Ecart type	$\delta$	
Moyenne	$\bar{X}$	
Longueur moyenne des graines	L	mm
Largeur moyenne graine	l	mm
Energie cinétique	$E_{cin}$	J
Energie de rupture	$E_{rup}$	J
couple moteur	$C_v$	N.mm
Rendement de transmission poulie-courroie	$\eta$	%
angle de courbure de la courroie trapézoïdale	$\beta$	Degré
angle d'enroulement courroie sur la poulie motrice	$\theta$	Degré
tension brin tendu de la courroie	T	N
tension brin mou de la courroie	T	N
entraxe réel poulie motrice – poulie réceptrice	a	mm
Entraxe approximative	E	mm
coefficient de service	$K_s$	
Pression admissible	$P_a$	Mpa
Puissance brute transmissible par courroie	$P_o$	KW
Puissance brute transmissible par courroie	$C_L$	KW

puissance de service	Ps	KW
longueur primitive de la courroie	L	mm
facteur de l'arc	a	
Pression de matage sur un flanc de la clavette	Pmat	Mpa

## INTRODUCTION

Communément appelé pistache au Cameroun, « Egusi » dans le Sud-Ouest Camerounais, « Ngond » en Bassa, « Nze » en Bangangté, le concombre a pour nom scientifique Cucumis marli. C'est une herbacée rampante annuelle de la famille des cucurbitacées. Sa tige, fruits volumineux, lisses et globuleux peuvent atteindre un poids supérieur à 5 kg. Ils contiennent de nombreuses graines plates blanches qui, avec la pulpe, présentent un intérêt économique, médical et nutritionnel. [1]. Les graines de courge « pistache » sont une denrée consommée sous différentes formes dans plus de 60% des ménages au Cameroun [2]. Elles sont très appréciées dans l'alimentation des populations ; mais la séparation des graines consommables de leur peau, reste encore un souci majeur de par sa technique de décorticage, qui se fait de manière traditionnelle (avec les doigts) et parfois aussi archaïque (décorticage par les dents) du fait que les machines industrielles existantes ne sont pas à la portée de tous. Compte tenu de la forte consommation de cette denrée et vu les méthodes appliquées, l'obtention des amandes même pour une quantité réduite ne serait ce que pour une consommation ménagère nécessite beaucoup de temps et d'énergie. D'où l'on se pose la question de savoir « *comment décortiquer plus efficacement les graines de courges en grande quantité et en un temps réduit tout en conservant sa qualité et à moindre coût ?* ». Répondre à cette problématique nous a amené à orienter nos recherches vers : « **L'ETUDE ET REALISATION D'UNE MACHINE A DECORTIQUER DES GRAINES DE COURGES** » Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique de grade II (DIPET II).

Pour y parvenir, nous allons d'abord présenter les généralités sur la thématique, ensuite une analyse fonctionnelle afin de choisir un modèle optimal, après nous allons faire une étude de conception du mécanisme et en fin une étude de fabrication de machine et de la réalisation du prototype.

## CHAPITRE I : GENERALITES

### I-1 GENERALITES SUR LES COURGES

#### I-1-1 Origines

Les courges sont connues depuis plus de 10 000 ans, ces graines ont la faculté de préserver leur pouvoir germinatif, ce qui expliquerait leur dissémination sur toute la zone tropicale du globe.

Les courges sont toutes originaires d'Amérique, Christophe Colomb les a découvertes en 1492 à Cuba dans les ruines d'anciennes habitations. En revanche Jacques Cartur les a trouvées dans des jardins des Iroquois en 1535. Elles sont ensuite introduites en Europe au début de XXIème siècle.

En Europe, les courges (citrouille, potiron, etc.) ne connurent véritablement leur heure de gloire qu'au XIXème siècle, quant à la courgette son apparition est remarquée après la guerre mondiale (1)

En Afrique, les premières cultures de courge sont de la famille de la *Citrullus lanatus*, elle est très ancienne et attestée dans l'Égypte antique, il y a plus de 5000 ans. Elle s'est répandue sur les bords de la Méditerranée puis dans l'ensemble des pays chauds d'Afrique au fur et à mesure.

#### I-1-2 Description

Les courges appartiennent au genre *Cucurbita*, famille des Cucurbitacées, sont des plantes herbacées, annuelles ou pérennes, retrouvées dans les régions tempérées chaudes à tropicales.

La courge est une grande plante herbacée aux tiges anguleuses plus ou moins rampantes sur le sol, munie de vrilles, qui peut atteindre jusqu'à 10 m de long. Les feuilles sont cordiformes à lobes pointus. Les fleurs, de couleur jaune, ont une grande corolle large de 7 à 10 cm possédant 5 lobes aigus. Le fruit tel que présenté à la photo I-1 (2) est une baie volumineuse dont le diamètre va de 15 à 40 cm, leur forme peut varier d'une variété à une autre au sein d'une même espèce. Le fruit est en généralement une baie, qui peut être protégé par une écorce dure, l'intérieur est charnu et comprend de nombreuses graines. (1)

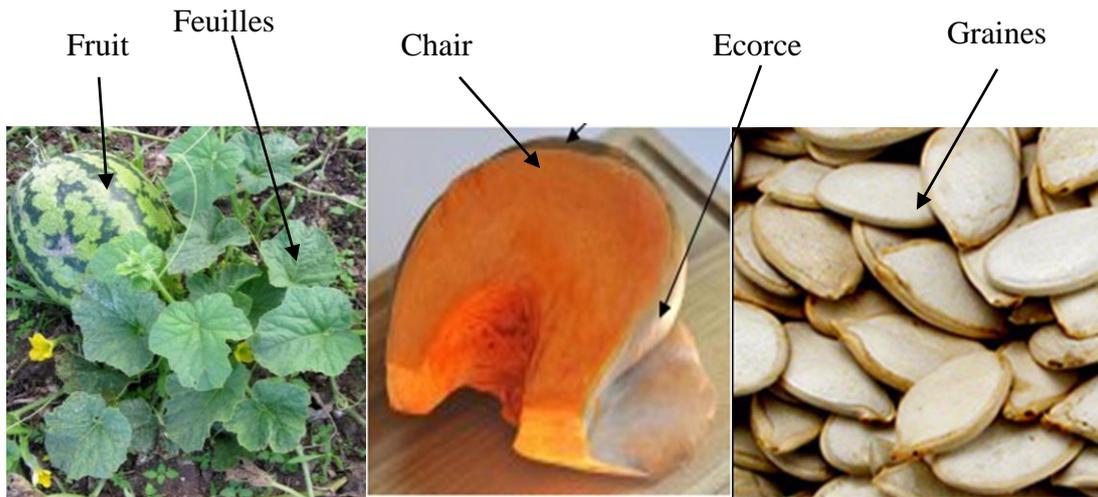


Figure 1 : Description de la courge

### I-1-3 Variétés

Les Cucurbitaceae (Cucurbitacées) sont une famille de plantes dicotylédones de l'ordre des Cucurbitales, originaires pour la plupart des régions tropicales et subtropicales, qui comprend environ 800 espèces réparties en 130 genres.

De nombreuses espèces sont cultivées pour leur fruits comestibles (courges, courgettes, concombres, cornichons, melons, pastèques, chayottes, etc.) et parfois pour leurs graines (courge à huile, pistache africaine). Leur domestication est très ancienne et remonte à plusieurs milliers d'années, tant dans le Nouveau Monde (Cucurbita, Sechium) que dans l'Ancien (Citrullus, Cucumis, Lagenaria, Luffa).

Tableau 1 : Familles des courges

Cucurbita pepo	Spaghetti	
	Pâtisson	
	Citrouille	

Cucurbita moschata	Butternut	
	Muscade de Provence	
Cucurbita mixta ou argyrosperma	Giraumon	
	Potimarron	
	Potiron	
Cucurbita ficifolia	Courge de Siam	
Cucumeropsis mannii		
Cucumis melo 1 et Cucumis melo 2	Melon	
Citrullus lanatus ,	Pastèque	
	Courge barbarine ou gingerine	

- Cucurbita pepo est une espèce très répandue dans le monde, elle comprend plusieurs variétés de citrouille, courgeron, courgette, courge spaghetti, pâtisson et le patidou. Le fruit est ovale, légèrement lobé et sillonné, de couleur orange. (3)

Le pédoncule est liégeux, cylindrique, souvent sa longueur est inférieure à son diamètre, très dur à maturité est marqué de cinq côtes longitudinales. Les feuilles sont grandes avec des lobes arrondis (1).

- Selon Polese. (2006) ; Cucurbita moschata est dur et anguleux à cinq côtes, il s'élargit au point d'insertion sur le fruit. Ce dernier est souvent aplati et côtelé, ou bien cylindrique et allongé.

Les courges musquées sont en général des espèces creuses marbrées du blanc, entières ou avec des lobes peu prononcés, elles présentent des zones décolorées argentées sur les nervures qui leur permet une protection contre le soleil.

Ce groupe est subdivisé en deux catégories :

- Les courges en forme de poire plus ou moins allongées jusqu'à 1 mètre de long et les graines se trouvent dans la partie renflée ;
  - Les courges en forme de potiron, très côtelées, légèrement aplaties et la chair est d'une couleur orange foncée. Un ensemble de critères ont été établis, pour distinguer entre les espèces de courges voire la forme des feuilles, pédoncule, la dimension et surtout la couleur des graines (Gagnon et al., 2007).
- Cucurbita moschata Selon Polese. (2006). Cucurbita moschata est une courge musquée, son pédoncule est dur et anguleux à cinq côtes, il s'élargit au point d'insertion sur le fruit. Ce dernier est souvent aplati et côtelé, ou bien cylindrique et allongé.

Il existe en Afrique au moins cinq espèces de "courge" cultivées à petite échelle. Cinq variétés de cucurbitaceae (*Citrullus lanatus*, *Cucumeropsis mannii*, *Lagenaria siceraria*, *Cucumis melo 1* et *Cucumis melo 2*). Des différences ont été observées entre les variétés au niveau du délai de levée et la durée de la phase végétative. Les variétés *Lagenaria siceraria* et *Citrullus lanatus* ont présenté les phases végétatives les plus courtes. Concernant les mesures morphologiques, des différences ont été observées entre les variétés. Les variétés *Cucumis melo 1*, *Cucumis melo 2* et *Lagenaria siceraria* ont été caractérisées par des feuilles à limbes plus longs comparativement aux variétés *Citrullus lanatus* et *Cucumeropsis mannii*. Au niveau de l'envergure de la fleur mâle, *Cucumis melo 2* a présenté l'envergure la plus importante (13,8 cm) par rapport aux autres variétés étudiées. Cependant, c'est chez la variété *Cucumis melo 1* que l'envergure de la fleur femelle a été la plus importante (12,64 cm). Les plus longs pédoncules floraux mâle et femelle ont été enregistrés chez *Lagenaria siceraria*. Quant aux

longueurs des limbes et des pétioles, elles ont été plus importantes chez Cucumis Melo 1, Cucumis Melo 2 et Lagenaria siceraria que chez Citrullus lanatus et de Cucumeropsis mannii (4).

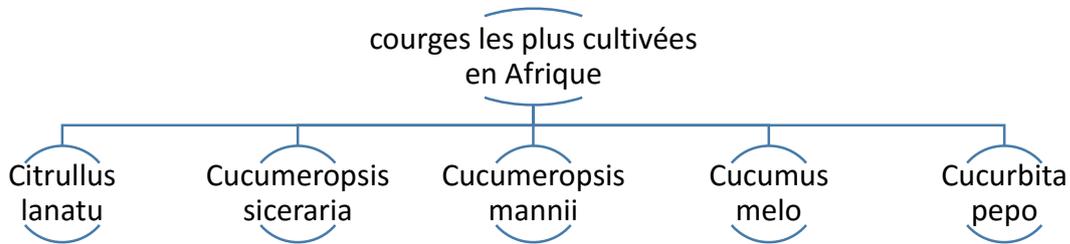


Figure 2 : Variétés courges cultivées en Afrique

#### I-1-4 Valeur nutritionnelle

La courge est un fruit consommé comme légume, très humide (teneur élevée en eau), pauvre en calories mais riche en caroténoïdes et fibres, elle est une excellente source de vitamines et d'oligoéléments (5). Le tableau I 2 représente la composition de la courge.

Tableau 2 : Valeur nutritive des graines de courges

VARIETE	PROTEINE	HUILE	FIBRE	Eau (g)
Citrullus lanatus	29.23± 1.74 %	56.67 ± 4.90 %	2.87 ± 1.07 %	91.5 ± 96.04
Cucumeropsis mannii	36 ± 2.17 %	45.89 ± 4.73 %	2.30 ± 0.85 %	90.54 ± 94.67
Cucumis melo	29.55 ± 2.09 %	42.67 ± 3.43 %	2.94 ± 0.75 %	80.90 ± 95.24

#### I-1-5 Utilisations

##### a) Sur le plan alimentaire

En Europe, les courges sont consommées cuites, leurs fleurs sont également comestibles, elles sont dégustées en salade mais aussi farcies ou panées. La chair de la courge est utilisée dans plusieurs repas comme les soupes, gratins, etc.

En Afrique et en particulier au Cameroun La courge se consomme sous diverses formes.

- Les graines de certaines familles de courges « pistache » sont également une denrée consommée sous différentes formes (met de pistache ou sauce Egusi ) dans plus de 60% des ménages au Cameroun (6). Elles sont surtout réservées aux cérémonies de rites et de coutumes traditionnelles (mariages, deuils, pour la réception des personnalités Importantes...).



*Figure 3 : Soupe Egousi et met de pistache*

- Cucumis Melo 2 (melon) est cuit à la vapeur et sa chair orangée se dégustée comme un tubercule accompagner d'une soupe et ses feuilles sont également consommables avec du maïs et la pulpe de noix de palme (sangha),



*Figure 4 : Melon à la vapeur et sangha a feuilles de melon*

#### **b) Sur le plan thérapeutique**

La courge est cultivée dans le monde entier, non seulement dans nos régimes alimentaires mais aussi, elle a été employée traditionnellement en médecine dans plusieurs pays, car elle présente de nombreuses propriétés biologiques telles que les activités antidiabétique, anti hypertension, antitumorale, antibactérienne, antiinflammatoire (7).

Les graines et ses huiles riches en acides gras mono-insaturés et polyinsaturés sont utilisées pour soulager les troubles bénins de la prostate, ces dernières renferment des composés phytostérols reconnus pour leurs bienfaits sur la santé (8). On attribue aux graines de courge des propriétés médicinales intéressantes : diurétique, pour soigner les infections urinaires, les troubles de la prostate. En effet, l'amande contient un aminoacide dérivé de la pyrrolidine : la cucurbitine, et son huile contient des stérols qui inhibent la 5-alpha-testostérone réductase et diminuent la capacité de liaison de la déhydro-testostérone intra-prostatique, ce qui lui vaut ses excellentes propriétés pour lutter contre l'hypertrophie de la prostate On les utilise également contre les parasites intestinaux. Leur action anthelminthique est non irritante, ni toxique. Les amandes serviront à se libérer des ténias, ascaris, et à cicatriser le tube digestif. Les graines de la courge sont utilisées pour la fabrication de vermifuge qui permet le soulagement des crampes abdominales et élimination des vers intestinaux (7)

### I-1-6 Autres utilisations des courges

Dans les société anciennes et dans certaines cultures actuelles les courges telle que la courge gourde sont utilisée comme ustensile de cuisine (pour boire le vin de palme ou de l'eau) , le transport des boissons (1).



Figure 5 : Assiette et gourde en calabasse



Figure 6 : Instruments de musiques et lampe décorative

Les courges sont également utilisées pour la fabrication des instruments de musique et aussi des pièces décoratives

## I-2 CAPACITE DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION DES GRAINES DE COURGES AU CAMEROUN

Au Cameroun, chacune de ces sous-familles des courges cultivées en Afrique se distingue spécialement par la diversité de la coque qui renferme les graines amande (coque souple et coque dure).

### I-2-1. Technique de culture des variétés à coque dure

Les graines de cette sous-famille sont cultivés dans les régions de l'Adamaoua, du Centre, du Sud et de l'Ouest au Cameroun. Dans la région du Sud, il se cultive dans les localités d'Ebolowa, Sangmélima, Ambam et jusqu'aux frontières de la République Démocratique du Congo, du Gabon et de la Guinée Equatoriale.

#### a) Semaines

On distingue généralement deux techniques de semaines dans les grandes zones de culture

- Faire des trous de 15x15x15cm sur des billons si c'est la culture de saison pluvieuse, et de 25x25x40 cm si c'est la culture de contre saison. Respecter un écartement de 1,5 cm entre les lignes, et de 1,5 cm entre les plants sur la même ligne. Les semaines se font par temps frais, de préférence les après-midis à partir de 16 heures. En respectant des écartements de 1,5 cm x 1,5 cm, on obtient une densité de moyenne de 4445 plants à l'hectare en culture pure.
- La deuxième technique consiste à défricher, puis brûler les champs, en suite les graines sont semées avec les mêmes écart que ci-dessus les demis bruches servent de tuteurs pour les plantes. Cette technique est la plus répandue dans cette région.

#### b) Récolte

Après six (06) à sept (07) mois, les courges peuvent être



Figure 8 : Courge en état de putréfaction

récoltées et les grains extraits. Les fruits sont récoltés et stockés en plusieurs tas dans les champs où ils seront ensuite cassés et laisser pour putréfaction pendant 7 jours.



Figure 7 : Tas de courge

Solidement incrustées dans la chair du fruit, les graines de "pistaches" ne peuvent être extraites qu'après la décomposition de celui-ci. Des entailles sont souvent effectuées dans les fruits matures à l'aide d'une machette afin d'accélérer la décomposition

dont la durée varie selon les espèces. Après putréfaction de la chair, les graines sont facile à tirer ; elles sont donc lavées pour retirer les impuretés et enrobées d'argile rouge pour éliminer l'effet de glaire et faciliter le séchage. (6)

**c) Méthodes de séchages et de conservation des graines de courge à coque dure**

En zone rural les graines sont étalées sur une natte et séchées au soleil pendant trois à sept jours, en zones urbaine, certains cultivateurs ont construit des séchoirs en ciment ou sur du goudron, puis stockés dans les sacs de 50 Kg. Les graines bien séchés peuvent être conservés sur une durée allant de 6 à 18 mois, sans risque d'altération. Le rendement est de près de 30 tonnes à l'hectare.

**I-2-2. Capacité de production**

Au Cameroun, les zones propices à la culture de cette denrée sont multiples. Le concombre affectionne les climats chauds et humides, avec des températures qui oscillent entre 22 et 30°C. La température optimale pour une bonne production est de 26°C. Pour les besoins en eau, les précipitations doivent être comprises entre 1000 et 1500mm. Le concombre évolue bien dans la partie Nord du Cameroun, ainsi que dans la zone côtière, la forêt dense équatoriale, les savanes de l'Est (6). Ce qui fait de notre localité (Ebolowa et ses périphériques) jusqu'aux frontières de la République Démocratique du Congo, du Gabon et de la Guinée Equatoriale une zone propice pour la culture des graines de courge.

Le Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural estime que le Cameroun a produit environ 4,7 tonnes de pistache durant l'année 2015. Cette production se reparti suivants les régions productrices comme le présente le tableau ci-dessous :

*Tableau 3 : Répartition de la production nationale(source :MINADER SUD)*

	Adamaoua	Centre	Ouest	Sud	Est
Quantité (tonne)	0,92	0,86	0 ,57	1,06	1,28
Pourcentage	19,6%	18,3%	12%	22,7%	27,4%

Quant à la délégation régionale du MINADER Sud elle estime la production du Sud à 1,61 tonne pour l'année 2017 repartie comme suit :

Tableau 4 : Répartition de la production du SUD( source : MINADER SUD)

	Ebolowa	Sangmélima	Ambam	Kribi
Capacité (tonne)	0,93	0,35	0,18	0,27
Pourcentage %	58	22	11	17

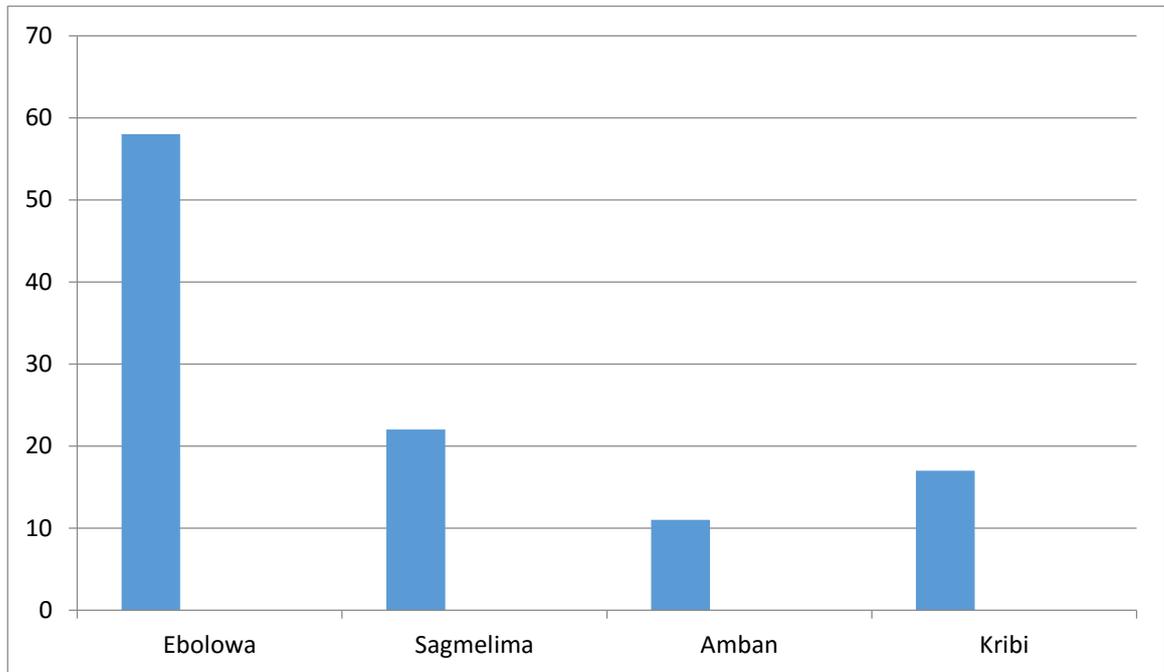


Figure 9 : Diagramme de production au Sud source MINADER

### I-2-3. Marche de la consommation

Il faut savoir au préalable que les prix d'achat et de vente des graines sont fixés selon plusieurs critères. Cette enquête menée sur les marchés de la ville d'Ebolowa a amené à constater ce qui suit :

- Le détaillant détermine son prix de vente en fonction du prix d'achat auprès des grossistes ;
- Ce prix varie encore avec les saisons (la période de production de masse va de mi-Aout en fin Octobre) ;
- Le prix varie selon l'offre et la demande ;
- Le prix varie selon les quantités achetées ;
- La qualité est un autre critère qui modifie le prix ;
- Ainsi que la clientèle ;
- Enfin, il faut citer le marchandage.

Nous avons classé nos commerçants et client en quatre (04) catégories.

- ❖ Commerçants grossistes : ici on retrouve les cultivateurs et producteurs qui vendent uniquement en pistache non décortiqué conditionné en sac de 50kg et le prix varie entre 80mil et 120 mil Frs CFA. Selon les critères noter ci-dessus ;
- ❖ Les semis grossistes : ils représentent le deuxième maillon de la chaîne de commercialisation ; les semis grossistes vendent les graines de courges en sceau de 5l et a un prix variant de 2800 et de 3500 Frs CFA, il est à noter qu'il faut 36 à 38 sceaux de 5l pour faire un filet de 50 Kg ;
- ❖ Les buy-and-seller de premier ordre (Les décortiqueuses) : troisième maillon de la chaîne elles se ravitaillent chez les maillons supérieurs et décortiquent. Pour chaque 5l décortiqué elles peuvent obtenir 7 à 8 boîtes de pistache contenu dans une boîte de 500g de lait concentré sucré de marque « NESTLE » la boîte ainsi obtenue se vend entre 350 Frs CFA et 750 Frs CFA ;
- ❖ Le dernier maillon de la chaîne est les buy-and-seller de deuxième ordre : elles achètent chez les décortiqueuses pour revendre aux ménagères qui achètent pour une consommation familiale, elles haussent encore les prix qui environnent 450 à 900 Frs CFA.

Extraites, nettoyées, séchées, grillées et débarrassées des téguments, ces graines peuvent être également transformées et commercialisées en une pâte semblable à la pâte d'arachide. Cette pâte sert à épaissir les sauces ou à extraire de l'huile.

### **I-3 GENERALITES SUR LES METHODES DE DECORTIQUAGE**

Le décorticage est un ensemble de mécanismes qui consiste à débarrasser un fruit ou une graine de son écorce, de son enveloppe ou de sa coque. Pour y parvenir plusieurs méthodes ont été mises sur pied selon la culture et les moyens.

#### **I-3-1) Méthodes traditionnelles manuelles**

##### **a) Méthode par projection**

Cette méthode consiste à mettre les graines à décortiquer dans un sac en quantité convenable puis le sac est frappé contre le sol ou contre un tronc d'arbre. A la fin de cet exercice, les graines sont affaiblies, cassées, sales, sombres et couvertes d'huile et de peaux presque émiettées avec plus ou moins de 20% de graines non décortiquées. Cette méthode est utilisée pour des graines à coques souples (arachides, pistache à coque souples, haricot, soja, etc...)

##### **b) Par pilage**

Cette méthode consiste à mettre les graines dans un mortier et à l'aide d'un pilon exerce une force équivalente à celle nécessaire pour la séparation de la graine ou de l'amande de son

enveloppe sans toutefois l'altérer. Cette méthode est réservée le plus souvent pour les céréales (riz, blé, sorgho, etc ...)

➤ Avantages

Ce procédé présente un certain nombre d'avantages qui sont :

- Il présente comme principal avantage le fait que ce procédé est légèrement rapide ;
- Procédé hygiénique lorsque le pilon et le mortier sont propres ;
- Pas de risque de contamination de l'amande par la mycotoxine.

➤ Inconvénients

- Séparation coque/amande n'est pas très idéale ;
- Les risques de casser ou d'écraser l'amande sont élevés ;



Figure 10 : Décorticage par mortier et pilon

c) Méthode par choc

Elle se fait de deux manières selon les outils de décorticage

- Choc entre deux pierres pour les grains et les noix à coques très dure (noix de palmiste, noix de cajou)



Figure 11 : Méthodes par deux pierres

- La « décortiqueuse » prend le grain d'une main l'arrête par le bout arrondi (pince entre le pouce et l'index), et pose sur un support solide. Puis de l'autre main, elle frappe le bord supérieur du grain à l'aide d'un bâton en bois propre et peu lourde (Photo 12). Lorsque la coque s'ouvre, on peut extraire l'amande blanche

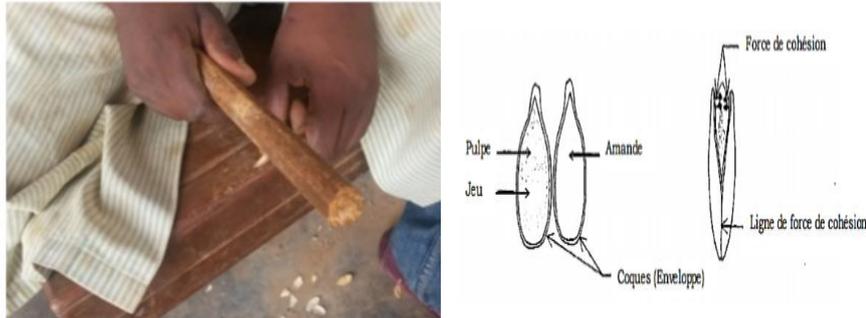


Figure 12 : Décorticage par choc et aperçus de la graine

Le synoptique de ce procédé est présenté par la figure 13 suivante.

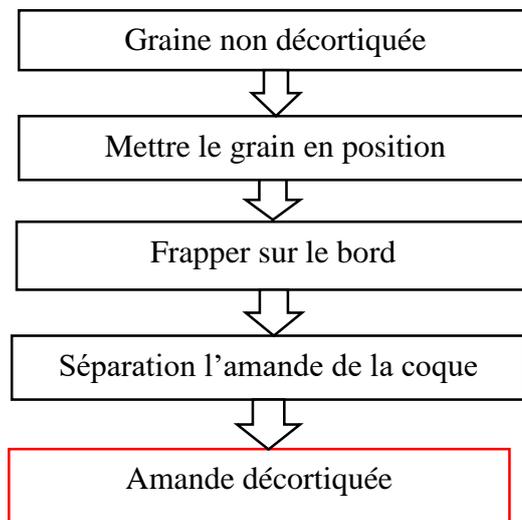


Figure 13 : Schéma synoptique du procédé par choc

➤ Avantages

- Les risques de casser ou d'écraser l'amande sont infimes ;
- Procédé hygiénique lorsque la barre ou la pierre est propre ;
- Séparation coque/amande est idéale ;
- Pas de risque de contamination de l'amande par la mycotoxine.

➤ Inconvénients

- Il présente comme principal inconvénient le fait que ce procédé soit très lent.
- Mais aussi, la décortiqueuse peut se frapper les doigts pour un manque d'attention.

**d) Méthode par pression de dents**

La « décortiqueuse » prend la graine d'une main, qu'elle positionne entre ses dents (les deux incisives), puis y exerce un effort de pression. Lorsque la coque est ouverte, on peut extraire l'amande blanche.

Son synoptique est présenté par la figure 14 ci-dessous :

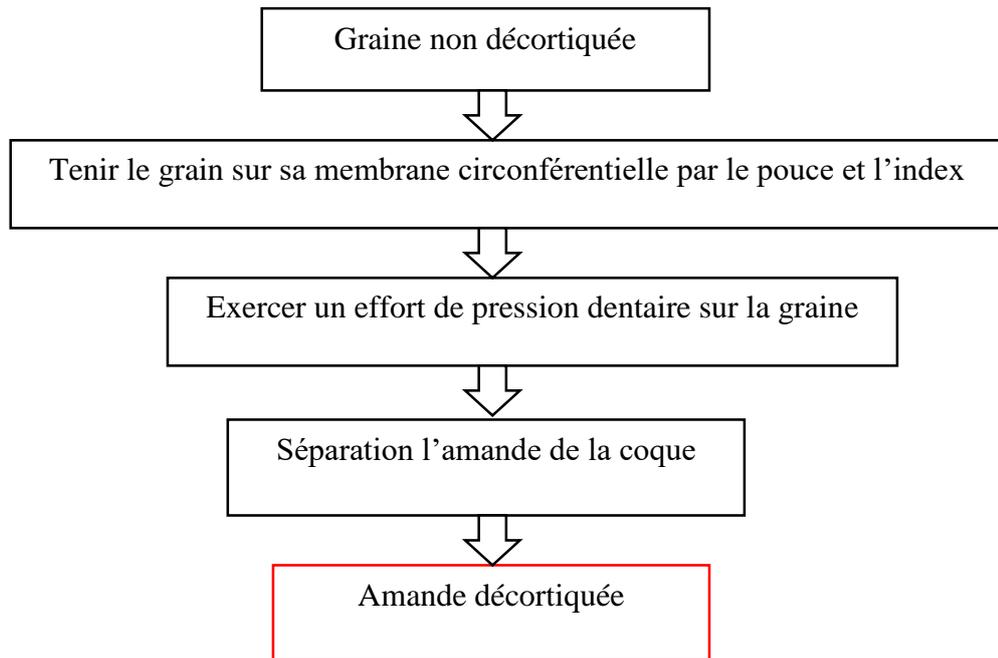


Figure 14 : Schéma synoptique du décortiquage par pression des dents

a) Avantages et inconvénients

Cette méthode présente de nombreux avantages tels que les risques de casser ou d'écraser la graine sont négligeables ; la séparation coque/amande est idéale. Mais en moins cette méthode reste lente ; la décortiqueuse peut se mordre les doigts ; pas hygiénique (risques de contamination de l'amande par la mycotoxine), risque injection des poussières, sans toutefois négliger le risque avaler de travers une graine.

Afin de pouvoir pallier à un certain nombre de limite surtout ceux liés à la santé de la décortiqueuse, cette dernière utilise un outil de pression sous forme d'une pince fais en bambou de Raphia qu'elle exerce sur le bout pointu de la graine ce qui engendre une séparation entre la coque et l'amande



Figure 15 : Méthode par pression à la pince

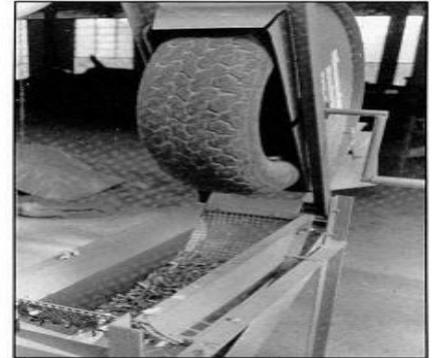
**NB :** Une étude faite auprès des commerçantes de pistaches décortiqués révèle qu'il faut environ 4h pour décortiquer un saut de 5L de gros grains et 6h pour décortiquer un saut de 5l de petites graines ; pour une décortiqueuse professionnelle ce qui représente un temps énorme et une grande capacité énergétique pour un bénéfice moindre.

### I-3-2) Méthodes traditionnelles mécaniques

Les décortiqueuses couramment rencontrées sont celles réservées aux céréales. Ainsi, on rencontre les décortiqueuses de maïs, de sorgho, de mil, etc.

#### ➤ Décortiqueuse d'arachides

Généralement, les arachides sont décortiquées surtout à la main. Si le décorticage à la main réduit le bris des graines, il exige un énorme apport de main-d'œuvre et engendre le syndrome du mal de pouce chez ceux qui décortiquent d'importantes quantités d'arachides (9). D'où l'importance d'une machine peu coûteuse, efficace et simple pour. L'appareil est constitué d'un grillage métallique, sur lequel sont déposées les arachides à décortiquer, et d'un pneu activé par une manivelle, qui vient se frotter le long du grillage, libérant du même coup les arachides de leur coque.



*Figure 16 : Décortiqueuse d'arachides de DENIS*

#### ➤ Décortiqueuse de riz

Cet équipement n'a pas seulement pour rôle de moudre le maïs, mais aussi de le dépouiller de sa membrane enveloppante, suivant que la vis est serrée ou desserrée (10).

Le document du constructeur met en exergue les éléments suivants de la fiche technique :

- Production horaire : 12 kg/h (variable suivant l'opérateur et la finesse de mouture recherchée) ;
- Entraînement : manuel uniquement ;
- Utilisation : usage domestique ou très petites communautés ;
- Maintenance : aucune opération de maintenance ;
- Spécificités : coût de fabrication faible, technique de fabrication simple, robuste.

L'opérateur verse le maïs dans la trémie, peu à peu le maïs entre dans l'orifice rectangulaire du cône extérieur. Le cône extérieur et le cône intérieur ont une surface dentée, ce qui entraîne l'abrasion des grains de maïs. Ces dentures sont inclinées et ont un profil hélicoïdal, ce qui fait avancer le maïs vers la sortie du cône. L'écartement entre les deux cônes est réglable au moyen d'une vis : plus les cônes sont proches, plus la mouture est fine ; plus ils sont écartés, plus la mouture est grossière (figure I-13). Le maïs moulu sort ensuite de l'interstice entre le bâti et le cône extérieur et est récupéré dans le sac.

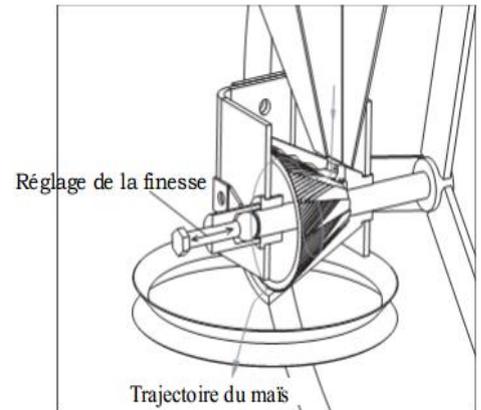


Figure 17 : Vue écorchée du moulin

### I-3-3) Méthodes industriels

#### ➤ Décortiqueuse de noix

Présentée ci-contre, son fonctionnement est le suivant : les noix préalablement calibrées, cassées et triées de façon pneumatique, sont introduites par le haut, le système les décortique, puis elles passent par le séparateur intégré (11). Elle a comme avantages : un système réglable ; elle est équipée d'un variateur de vitesse électronique ; le décortiquage est réglable.



Figure 18 : Décortiqueuse de noix

#### ➤ Décortiqueuse- blanchisseuse « GMBF » pour fonio

Conçu spécifiquement pour le décortiquage et le blanchiment du fonio, la décortiqueuse GMBF comporte un module de décortiquage avec une trémie, un canal de vannage, un ventilateur, un cyclone et un moteur. Il existe deux versions d'entraînement par moteur électrique (Figure I 15) ou diesel (12).



Figure 19 : Décortiqueuse « GMBF » de type Engelberg avec moteur électrique

➤ **Décortiqueuse à couteaux**

La décortiqueuse à couteaux est une machine tournante tenant conjointement de la fonderie, du mécano-soudure, de la tôlerie légère et de la mécanique. Elle est principalement constituée du système de décortilage auquel peut être associé un alimentateur. Ils sont tous deux positionnés et guidés entre deux bâtis charpente par un jeu de paliers. La puissance nécessaire au décortilage est délivrée par un groupe de commande principal.

L'alimentateur éventuel est équipé de son propre groupe d'entraînement. Le tout est aligné et bridé sur un châssis par l'intermédiaire duquel la décortiqueuse est mise en place sur son lieu de travail. Différents carters et tôleries complètent l'appareil.

➤ **Décortiqueuse a meules verticales**

Elle est employée pour éliminer la couche de son du blé, de l'orge et d'autres céréales sans attaquer l'intégrité du grain.

La céréale à décortiquer est introduite dans la machine par la cloche de chargement qui, à son intérieur, permet la distribution du blé sur toute la surface extérieure des meules (13). Le mouvement circulaire, la rugosité, la vitesse circonférentielle, le type de manteau monté et le réglage de la distance sur le déchargement, déterminent une abrasion extérieure du grain qui se dirige vers la sortie, dépouillé de sa partie extérieure. Le rôle joué par l'air en aspiration, est capital parce qu'il fait évacuer le son et nettoie le manteau. La céréale décortiquée est triée dans les deux sorties inférieures. Le réglage sur la sortie détermine le dé bit, et il est contrôlé par une commande manuelle ou automatique. En effet, le système de fermeture/ouverture est auto réglable selon l'absorption en ampère du moteur.

➤ **Décortiqueuse universelle**

Elle convient pour le décortilage de l'épeautre, tournesol, seigle vert, avoine, millet, riz, pavot, sarrasin.

Le grain est plaqué. Durant cette opération, le grain se sépare de l'enveloppe. Combinés à un absorbeur de poussières et d'épeautre à la sortie, le ou les grains décortiqués sont séparés directement après le procédé du décortilage. Une table de tri permet la séparation du grain décortiqué et de celui à repasser [11].

➤ **Décortiqueuse FAO ML64**

Elle est constituée d'une trémie à ouverture réglable qui alimente en grains entiers la décortiqueuse proprement dit. La décortiqueuse est constituée d'une chambre tronconique garnie intérieurement d'une pierre abrasive, à l'intérieur de laquelle tourne un rotor coaxial portant trois (03) battes en caoutchouc. Selon la taille du grain à décortiquer, l'espace entre la pierre abrasive et les battes est ajustable (14).

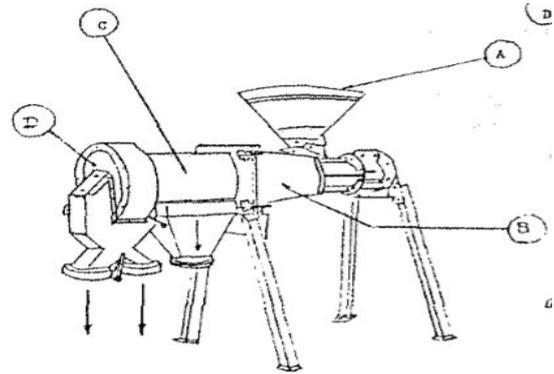


Figure 20 : Décortiqueuse FAO M164 (14)

➤ **Décortiqueuse à tambour et cannelure verticale**

Les graines sont introduites dans la trémie '1' et la trappe '2' est ouverte pour laisser les graines de courge descendre progressivement sur les différents étages. La forme de la trémie favorise l'orientation des graines de courge vers les cannelures '8'. Le tambour '3' en rotation exerce une pression sur les graines et les oblige à se détacher de leur coque. Le mélange coque plus amande est déversé dans une cuve de récupération 6 pour un processus de triage.

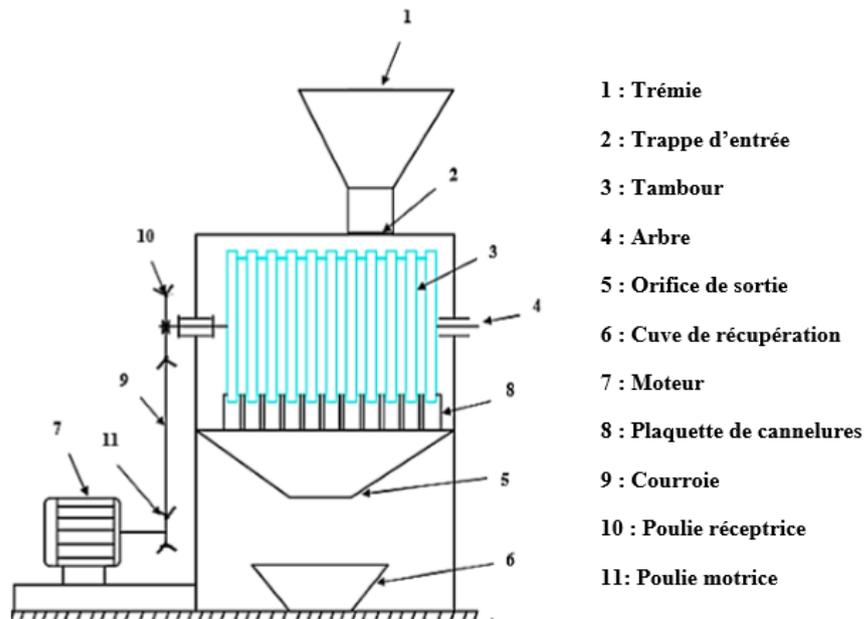


Figure 21 : Décortiqueuse à tambour et cannelure verticale

Parvenu au terme de ce chapitre où il était question pour nous de présenter la courge sous différentes formes, il en ressort que, la plupart des consommateurs Camerounais ne consomment pas assez les graines de courges à cause des lenteurs dues aux méthodes de décorticage traditionnelles. Pour cela, il en demeure mieux pour eux d'avoir une machine simple, moins coûteuse et moins encombrante qui puisse résoudre l'épineux problème lié au de décorticage des graines de courges, afin de leur éviter le travail manuel assez pénible. Dans la suite de notre travail, nous vous présenterons l'analyse fonctionnelle et l'étude des solutions pour aboutir à un choix optimal.

## CHAPITRE II : REVUES DE LA LITTERATURE

Dans ce chapitre, il sera question pour nous de présenter premièrement l'analyse fonctionnelle de notre décortiqueuse secondairement nous présenterons les solutions nous permettant de réaliser la fonction principale (décortiquer les graines de courge) ceci grâce au diagramme FAST et troisièmement à l'aide d'une étude scientifique bien détaillée faire un choix sur la solution optimale.

### II-1 ANALYSE DES BESIONS

L'analyse fonctionnelle est une méthode couramment employée pour la création de nouveaux produits et services mais également dans la conception d'outils de production. Elle se présente le plus souvent sous forme de graphe ou de diagramme d'analyse. Pour faciliter l'expression des besoins inhérents à l'outil de production, ceux-ci seront exprimés sous forme de fonctions. On détermine donc, les fonctions principales, les fonctions secondaires et les fonctions contraintes d'un produit. L'analyse fonctionnelle est obtenue à partir de la **méthode apte** et du **diagramme pieuvre**. Ce dernier nous permet de repérer les éléments du milieu extérieur (EME) et les fonctions de notre produit. En effet, pendant la conception nous devons pour chaque fonction, rechercher la meilleure solution technologique.

#### II.1.1 Diagramme bête a corne

Le diagramme bête à corne est un outil graphique d'analyse du besoin qui permet de répondre à trois questions :

- A qui ou quoi le produit rend-il service ?
- Sur qui ou quoi agit- il ?
- Dans quel but ?

La figure ci-contre représente le diagramme correspondant à notre besoin

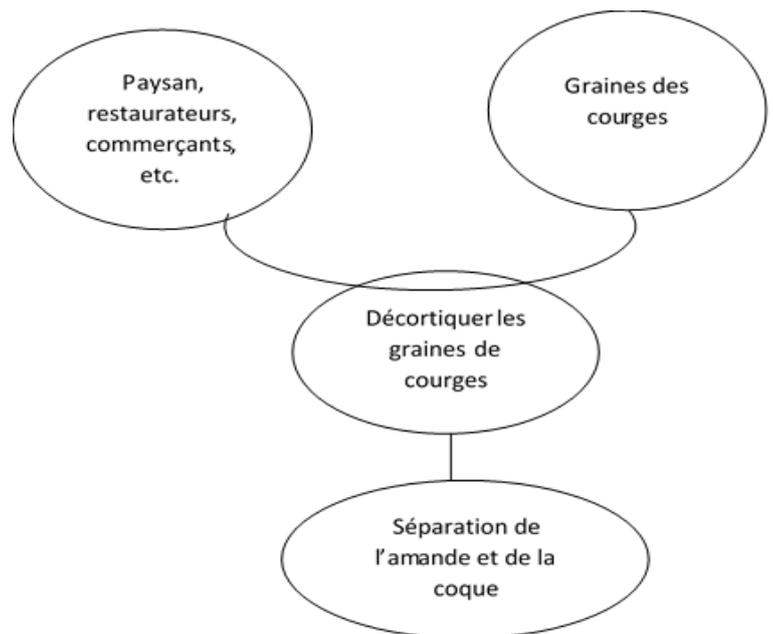


Figure 22 : Diagramme bête à corne

## II.1.2 Diagramme pieuvre

La figure suivante nous présente le diagramme Pieuvre de la décortiqueuse, exprimant les besoins de service à remplir par la décortiqueuse. On a trouvé pour notre décortiqueuse, une seule fonction principale (FP) qui est "décortiquer les graines", une fonction technique (FT) et sept (07) fonctions contraintes (FC).

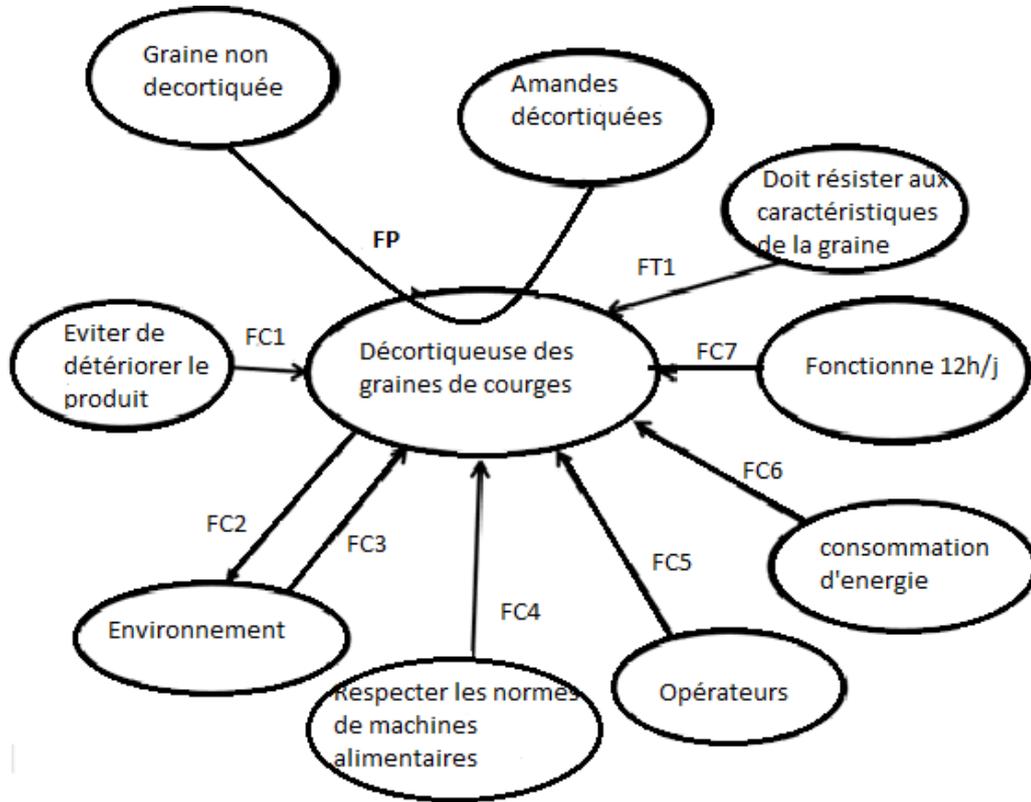


Figure 23 : Diagramme pieuvre

### Légende :

#### a) Fonction principale (FP)

Encore appelée fonction d'usage, c'est la fonction qui satisfait le besoin. Elle assure la prestation du service rendu. C'est la raison pour laquelle le produit a été créé. Pour notre équipement, il s'agit de "décortiquer les graines". Ainsi cette fonction révèle à quoi serviront les produits issus de la machine, tout au moins l'utilisation immédiate qu'on fera de ces produits.

#### b) Fonction Technique (FT)

Elles résultent de l'action interne au produit, dépendent de la conception et des solutions technologiques choisies pour réaliser les fonctions de service précédentes : le dispositif doit pouvoir résister aux caractéristiques des graines.

**c) Fonctions contraintes (FC)**

Ce sont des fonctions complémentaires particulières imposant des limites à la fonction principale du produit à concevoir. Pour le cas d'espèce, il doit :

- **FC1** : Le dispositif ne doit pas détériorer les graines c'est à dire casser l'amande.
- **FC2** : Pouvoir résister aux intempéries de son environnement (environnement chaud et humide) ;
- **FC3** : Ne présenter aucun risque de pollution pour l'environnement, ce qui sera néfaste pour la santé de l'opérateur qui souffrira de certaines maladies ;
- **FC4** : Etre le plus hygiénique possible en respectant les normes des machines alimentaires ;
- **FC5** : Etre accessible à tous les techniciens (système relativement simple) ;
- **FC6** : Pouvoir s'adapter à l'énergie électrique disponible ;
- **FC7** : Pouvoir fonctionner pendant 12h par jour.

Il s'agit ici de définir si les niveaux des critères doivent impérativement être respectés ou bien si on peut éventuellement accepter un dépassement des limites de ces niveaux. Ceci a pour but de laisser plus ou moins la liberté au bureau d'étude à partir du moment où le dépassement de ces limites ne nuit pas à la satisfaction du besoin. Ainsi les classes de flexibilité suivante :

- F0 : Niveau impératif (flexibilité nulle) aucune tolérance acceptable ;
- F1 : Niveau de tolérance très peu négociable ;
- F2 : Niveau négociable ;
- F3 : Niveau très négociable

Tableau 5 : Caractérisation des fonctions

Fonctions	intitulés	critères	Niveaux	Flexibilités	F
<b>FP</b>	Permettre à l'utilisateur de décortiquer les grains de courges	Taux de décortilage	98%	± 5%	0
		Quantité en kg	100	± 5	
<b>FT</b>	La machine doit pouvoir résister aux caractéristiques des graines.	Résistance	Détérioration admise	± 0 ,5%	1
		Courge	Décortiquer	± 0 ,5%	

<b>FC1</b>	Le dispositif ne doit pas casser l'amande.	Amande cassé	$\leq 7\%$	$\pm 0,5\%$	0
<b>FC2 :</b>	Pouvoir résister aux intempéries de son environnement (environnement chaud et humide) ;	Résistance de la machine corrosion	Bonne résistance		1
		Milieu ambiante environnant Magasin à température		Température zone tropicale	
<b>FC3</b>	Présenter aucun risque de pollution pour l'environnement	Diminuer la production des gaz à effet de serre	Négligeable		2
<b>FC4</b>	Etre le plus hygiénique	NF EN 1672-2+A1 Mai 2009			0
<b>FC5</b>	Etre accessible à tous les opérateurs (système relativement simple)	Cout d'achat de la machine			1
		Manipulation simple	Chargement et déchargement du produit uniquement		
<b>FC6</b>	Pouvoir s'adapter à l'énergie disponible	Electrique	220W		3
		Mécanique	Manuelle		
<b>FC7</b>	Pouvoir fonctionner pendant 12h par jour.	Durée de fonctionnement	12h/j	$\pm 15\%$	3

### II.1.3 Hiérarchisation des fonctions

Le principe est de comparer les fonctions une à une à l'aide d'une matrice et d'attribuer une note en supériorité de 0 à 3. La méthode utilisée ici dite du tri croisé qui permet de classer les fonctions par ordre d'importance décroissant et quantifie suivant :

- 0 : Niveau égal ;
- 1 : peu supérieur ;
- 2 : Supérieur ;
- 3 : Très supérieur

Tableau 6 : Tableau des tris croisés

FP	FT	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	Total des points	%
FP	FP/2	FP/3	FP/0	FP/1	FP/3	FP/3	FP/1	FP/1	14	28,57
	FT	FT/3	FC2/0	FC3/1	FT/1	FT/1	FC6/1	FT/2	7	14,28
		FC1	FC1/1	FC3/0	FC1/2	FC5/2	FC1/2	FC1/1	6	12,24
			FC2	FC2/0	FC2/2	FC5/2	FC6/0	FC2/1	1	2,04
				FC3	FC3/1	FC3/1	FC3/1	FC3/2	5	10,2
					FC4	FC5/0	FC4/3	FC4/2	5	10,2
						FC5	FC5/2	FC5/2	8	16,32
							FC6	FC6/2	3	6,12
								FC7	0	0
								Total	49	100

À l'aide de données obtenues sur la matrice de tri-croisé, nous tracerons le diagramme de Pareto afin de mieux visualiser les résultats et de mettre en évidence les fonctions les plus importantes.

Tableau 7 : Fréquences cumulées

Fonctions	FP	FC5	FT	FC1	FC3	FC4	FC6	FC2	FC7
Pourcentage	28,57	16,32	14,28	12,24	10,2	10,2	6,12	2,04	0
% Cumulé	28,57	44,89	59,17	71,41	81,61	92,63	98,75	100	100

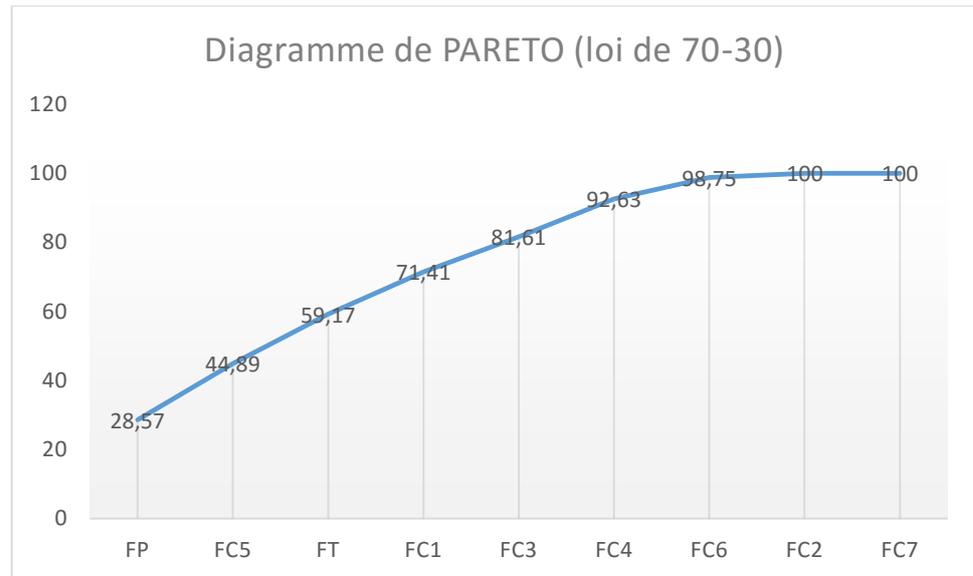


Figure 24 : Diagramme de PARETO

Le résultat de cette analyse, montre qu'il faut accorder une importance particulière aux fonctions FP, FC5, FT et FC1 lors de la conception du dispositif. Pour cela, réalisons l'analyse fonctionnelle interne du produit afin de trouver les solutions constructives appropriées.

#### II.1.4 Analyse fonctionnelle technique : FAST (Function Analysis System Technique).

Elle permet de ressortir les fonctions techniques du produit afin d'en dégager les solutions technologiques de celles-ci. L'analyse fonctionnelle technique se fait à l'aide du diagramme FAST qui est un outil très pertinent permettant d'associer à la fonction de service (réponse aux besoins de l'utilisateur) des solutions technologiques.

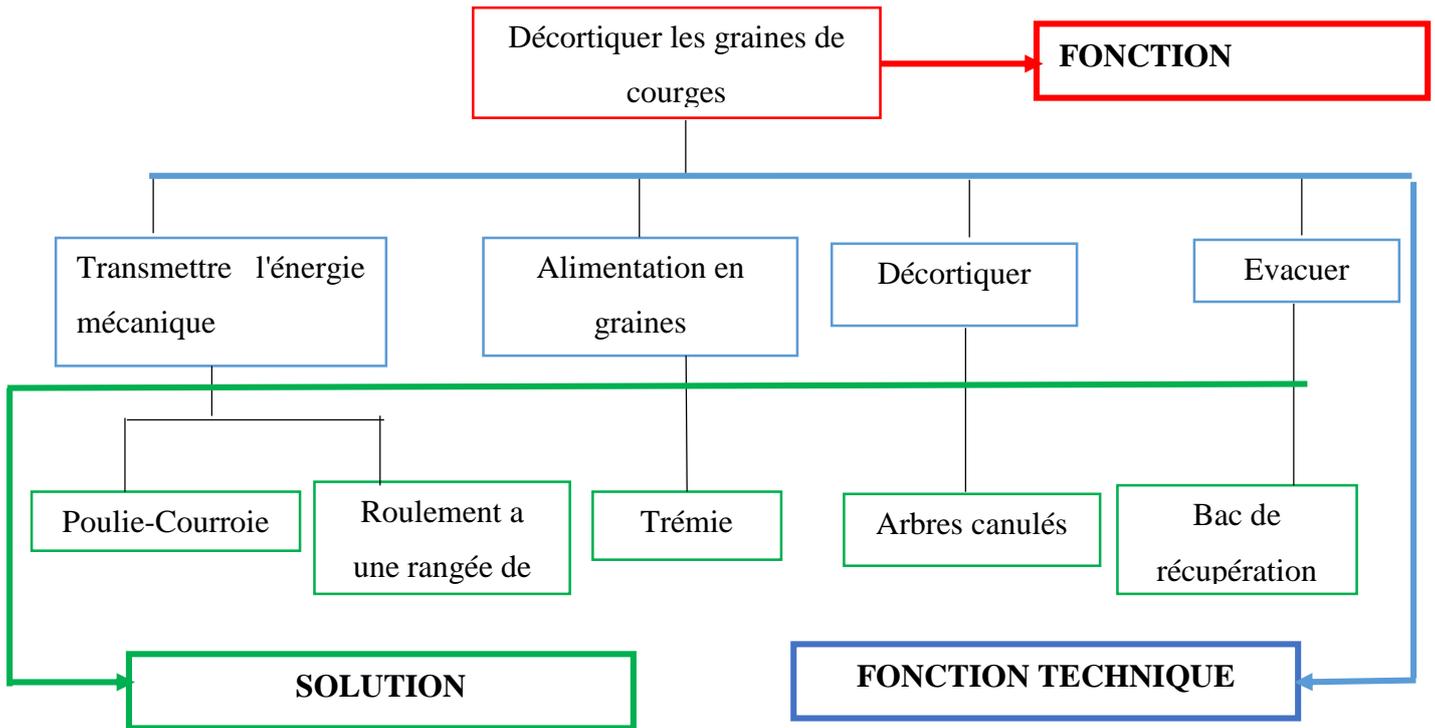


Figure 25 : Diagramme FAST

## II.1.5 Analyse des solutions existantes

L'analyse fonctionnelle que nous venons de mener nous permet de déboucher sur des propositions de solutions.

### II.1.5.1. Solution 1 : décortiqueuse à deux tambours

#### a) Fonctionnement

Lorsque l'opérateur met la machine en marche, l'arbre moteur étant solidaire de la poulie motrice (1) transmet le mouvement de rotation par l'intermédiaire de la courroie à la poulie réceptrice. Cette dernière solidaire du tambour d'entraînement, transmet le mouvement de rotation à un autre tambour via des pignons à dentures droites. Par friction le tambour communique son mouvement au galet excentrique qui provoque la translation alternative du coulisseau. Ce dernier dans son mouvement provoque l'oscillation de la came ; qui crée à son tour la vibration du bac à courge. Les graines de courge descendent progressivement sur les différents étages. La forme du bac favorise l'orientation des graines de courge vers les tambours et entraînant ainsi leur décortilage.

#### b) Avantages :

- Taux de graines de courge non décortiquées presque nul ;
- Bon rendement par rapport aux décortiqueuses antérieures ;

- Simple à maintenir.

**c) Inconvénients :**

- Machine bruyante ;
- Système de vibration non fiable ;
- Machine limitée au décortiquage sans séparation ;
- Machine limitée aux graines d'une certaine taille (pas de possibilité de régler l'écartement des tambours).

**II.1.5.2. Solution 2 : Décortiqueuse à pales à effet centrifuge**

**a) Fonctionnement**

Les graines sont introduites dans un cylindre à travers la trémie 1, ainsi les graines sont projetées par les pales 6 (animées d'un mouvement de rotation) sous l'effet de la force centrifuge sur les marteaux 8 qui décortiquent les graines de courge par choc. L'effet du vent produit par les pales précipite les graines vers l'extérieur du cylindre.

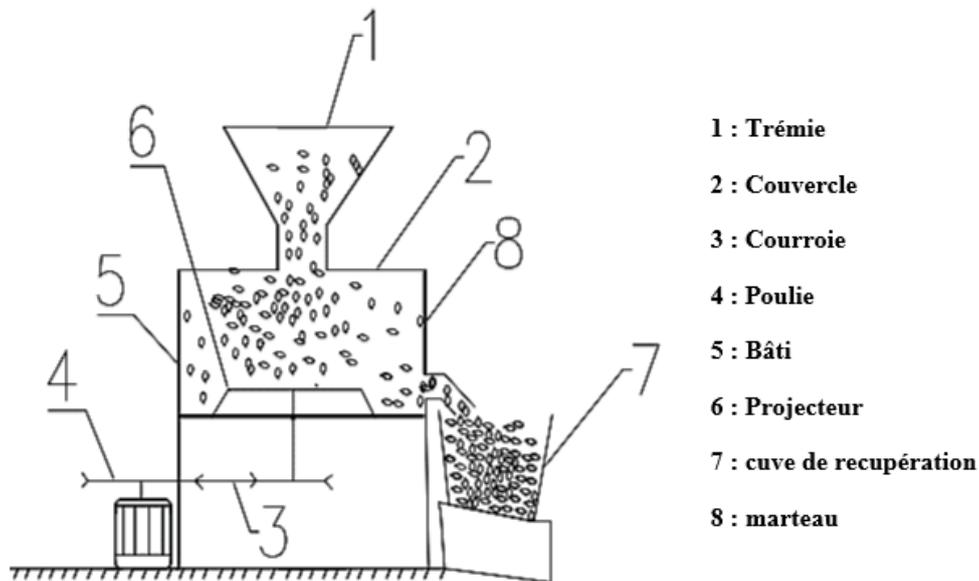


Figure 26 : Décortiqueuse à pales à effet centrifuge

**b) Avantages**

- Décortiquage rapide ;
- Moins encombrant ;
- Décortiquage des graines de toutes les dimensions ;
- Encombrement réduit.

**c) Inconvénients**

- Taux élevé de graines cassées et non décortiquées sur le plateau ;
- Obligation de contrôler l'entrée des graines de courges dans le bac.

### II.1.5.3. Solution 3 : Décortiqueuse à tambour et cannelure verticale

#### a) Fonctionnement

Les graines sont introduites dans la trémie (1) et la trappe (2) est ouverte pour laisser les graines de courge descendent progressivement sur les différents étages. La forme de la trémie favorise l'orientation des graines de courge vers les cannelures (8). Le tambour (3) en rotation exerce une pression sur les graines et les oblige à se détacher de leur coque. Le mélange coque plus amande est déversé dans une cuve de récupération 6 pour un processus de triage.

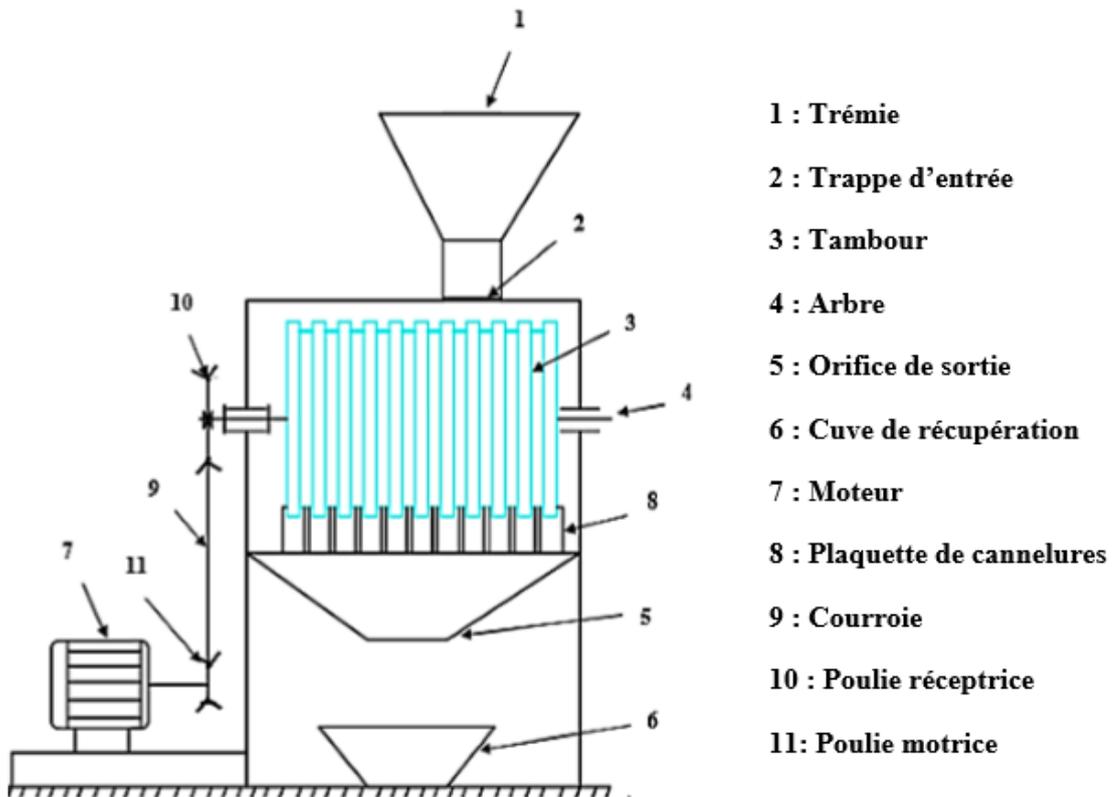


Figure 27 : Décortiqueuse à tambour et cannelure

#### b) Avantage :

- Taux de graines de courge non décortiquées presque nul ;
- Le rendement avoisine 85% soit 15% de perte;
- Simple à maintenir.

#### c) Inconvénients :

- Système de vibration non fiable ;
- Machine limitée au décorticage sans séparation.

### II.1.5.4. Solution 4 : décortiqueuse manuelle des graines de concombre (CENEEMA)

#### a) Fonctionnement :

Les graines sont versées dans une trémie constituée d'un dispositif d'alimentation intermittent des pièces de séparation disposées dans des intervalles, Elles servent à positionner et à guider la graine jusqu'à la gorge de tambour. Un tambour est fixe tandis que l'autre est muni d'un système de réglage à vis pour varier l'écartement entre les deux tambours, ce qui permettra de casser les graines de plusieurs largeurs. Les deux arbres canulés de décortiquage tournent en sens inverse.

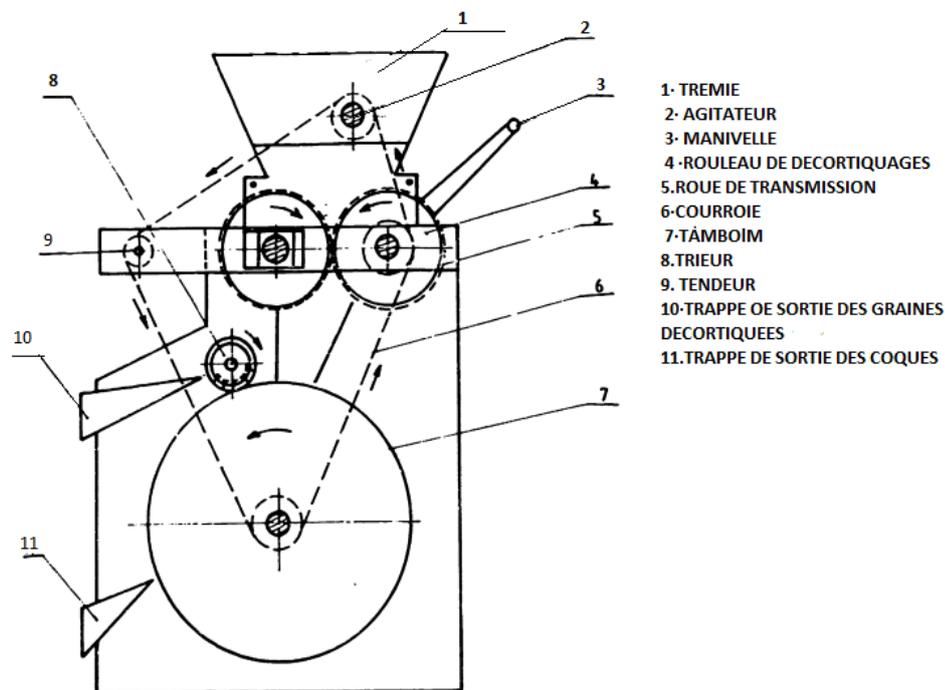


Figure 28 : Décortiqueuse manuelle des graines de concombre (CENEEMA)

#### b) Avantages

Elle présente les mêmes avantages que la décortiqueuse a deux tambours

#### c) Inconvénients

- Système manuel
- Certaines pièces telles que les tambours de décortiquage et les pièces de séparation n'ont pas été bien finies.
- L'opération de triage n'a pas été réussie entièrement

## II.1.6 Choix de la solution

Pour choisir une solution, nous ferons une analyse critère pondérée par des chiffres. Le choix de la solution optimale nécessite la plus grande valeur des points. Les critères sur lesquels nous allons évaluer les quatre (04) solutions précédentes sont :

- Qualité de décorticage des différentes graines ;
- L'encombrement de la machine ;
- La manipulation de la machine ;
- La maintenance ;
- Consommation en énergie ;
- La sécurité des opérateurs ;
- Le cout de mise en œuvre.

Lorsqu'un critère est avantageux, sa pondération varie de 2 à 3 et dans le cas contraire elle est de 1. D'après la légende de la pondération ci-dessous

- 1 signifie « **Critère non avantageux** »
- 2 représente un « **Critère considérable avantageux** »
- 3 représente « **Critère très avantageux** »

Tableau 8 : Tableau des pondérations

N	Critères	Pondération			
		S1	S2	S3	S4
1	Qualité de décorticage	1	2	2	2
2	L'encombrement de la machine	1	3	3	3
3	La manipulation de la machine	2	3	2	3
4	La maintenance	2	3	2	3
5	Consommation en énergie	2	2	2	3
6	Rendement	2	2	3	3
7	Le cout de mise en œuvre	3	2	3	3
8	La sécurité des operateurs	2	3	2	3
	Total	15/24	20/24	19/24	2 3/24

Après analyse, nous constatons que la décortiqueuse manuelle des graines de concombre (CENEEMA) solution N° 4 présente favorablement des critères qui correspondent aux objectifs que nous nous sommes fixés car elle présente une meilleure pondération comparativement aux autres. Ce qui entraîne d'ailleurs le choix de cette dernière pour la suite de l'étude de réalisation de la machine.

## CHAPITRE III : ETUDE CONCEPTUELLE

Ce chapitre nous permettra de :

- Déterminer les caractéristiques spécifiques de la graine
- Choisir un moteur à partir des expériences menées ;
- Dimensionner les éléments de transmission de puissance ;
- Dimensionner les éléments tournants ;
- Dimensionner les éléments d'assemblages ;
- Dimensionner les organes de guidages.

### III.1. CARACTERISATION DE LA GRAINE

Cette étude consiste à déterminer plus précisément la famille des graines objets de notre étude d'une part et d'autre part les caractéristiques géométriques moyennes, enfin les différents efforts de décorticage.

#### III.1.1 Description générale

Espèce : Cucurbitaceae

Groupe variétal : Cucumeropsis mannii

Nature génétique : Lignée pure

Lieu de sélection : SUD Cameroun (Ebolowa)

#### III.1.2 Caractéristiques d'identification

##### Caractéristiques de la plante

- ❖ Port à la floraison : Erigé
- ❖ Densité de ramification : Forte Cycle 95%
- ❖ Couleur des folioles : Vert
- ❖ Distribution générale des fleurs :
- ❖ Distribution des fleurs sur la tige principale : Alterne
- ❖ Allongement : Moyen
- ❖ Texture en surface : Fine
- ❖ Poids : 3kg



Figure 29 : Plante de Cucurbitacée

### Caractéristiques de la graine

- ❖ Forme : Oblongue
- ❖ Nombre d'amande : 1
- ❖ Proéminence du bec : Apparent
- ❖ Forme du bec : recourbée
- ❖ Nombre de couleur du tégument mûr :  
Unicolore
- ❖ Couleur du tégument unicolore : jaunâtre
- ❖ Période de dormance : Bonne
- ❖ Bonne Pourcentage graines au décortiquage :  
90%

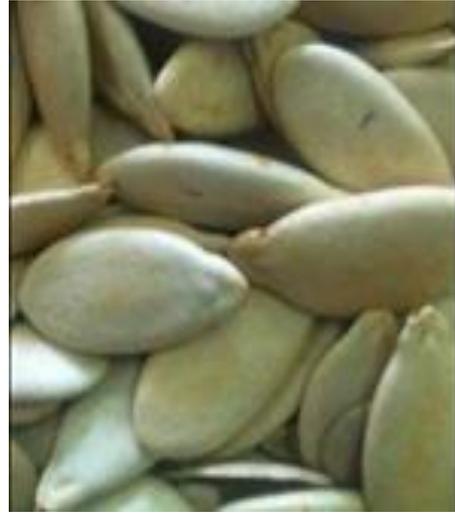


Figure 30 : Graines de

### III.1.3 Caractéristiques géométriques

Pour déterminer les caractéristiques géométriques de notre graine, nous avons utilisés les méthodes expérimentale et statistique. Pour y parvenir nous avons schématisé notre graine tel que le montre la figure suivante.

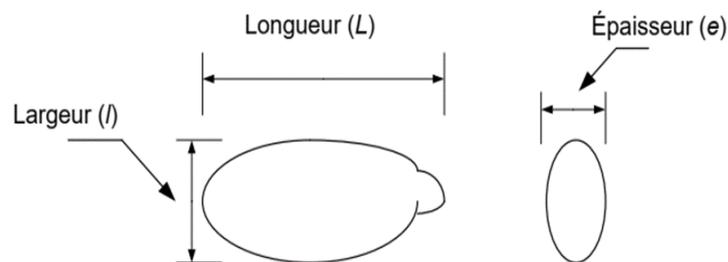


Figure 31 : Dimensions de la graine

#### Expérience :

A l'aide d'un pied à coulisse de précision 0.01mm, nous avons mesuré la longueur, la largeur et l'épaisseur de 100 graines de courge.

Les moyennes et les variances seront calculées respectivement par les formules :

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_i^k n_i \cdot c_i, \quad (1)$$

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{k=n} ni(ci - \bar{X}_n)^2, \quad (2)$$

$$S_n = \sqrt{Sn^2} \quad (3)$$

Avec :

n : taille de l'échantillon.

$\bar{X}_n$  : la moyenne empirique

$X_n$  : plus grande valeur de l'échantillon.

$X_1$  : plus petite valeur de l'échantillon.

$S_n^2$  : Variance empirique

$S_n$  : Ecart-type empirique

Nous allons uniquement prendre en considération :

- **La largeur des graines**, car elle nous permettra de dimensionner l'entrée des cannelures,
- **L'épaisseur des graines**, car elle nous permettra de dimensionner la zone de décorticage.

### Détermination des caractéristiques dimensionnelles des graines :

#### a) Largeur

Tableau 9 : Tableau statistique des largeurs des graines

Classe	[6; 6.5]	[7; 7.5]	[8; 8.5]	[9; 9.5]	[10; 11]	Total
Effectifs (ni)	3	47	32	9	9	100
Centres (ci)	6.25	7.25	8.25	9.25	10.5	
ni*ci	18.75	340.75	264	83.25	94.5	
Fréquence %	3	47	32	9	9	

Moyenne empirique :  $\bar{X}_n = \frac{18.75 + 340.75 + 264 + 83.25 + 94.5}{100} = 8.012$

$$\text{Variance empirique : } S_n^2 = \frac{9.08 + 25.73 + 2.163 + 14.288 + 45.968}{100} = \mathbf{0.972}$$

$$\text{Ecart-type empirique : } S_n = \sqrt{0.972} = \mathbf{0.986}$$

b) **Epaisseur**

Tableau 10 : Tableau statistique des épaisseurs des graines

Classe	[1; 1.4]	[1.5;1.9]	[2; 2.4]	[2.5;2.9]	[3; 3.4]	[3.5; 4]	Total
<b>Effectifs (ni)</b>	4	15	55	18	7	1	100
<b>Centres (ci)</b>	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2	3.75	
<b>ni*ci</b>	4.8	25.5	121	48.6	22.4	3.75	
<b>Fréquence %</b>	4	15	55	18	7	1	100

$$\text{Moyenne empirique : } \bar{X}_n = \frac{4.8 + 25.5 + 121 + 48.6 + 22.4 + 3.75}{100} = \mathbf{2.260}$$

$$\bar{X}_n = \mathbf{2.260}$$

$$\text{Variance empirique : } S_n^2 = \frac{4.58 + 5.523 + 0.33 + 3.88 + 7.78 + 2.045}{120} = \mathbf{0.201}$$

$$S_n^2 = \mathbf{0.201}$$

$$\text{Ecart-type empirique : } S_n = \sqrt{0.201} = \mathbf{0.448}$$

$$S_n = \mathbf{0.448}$$

A partir des données des fréquences respectives de la largeur et l'épaisseur des graines de notre échantillon, On constate que 79% des graines ont une largeur comprise entre **7 et 8,5 mm**. Donc pour une largeur moyenne de 7,8 mm, notre rendement pourrait atteindre les 79%.

Quant aux épaisseurs, à partir de l'épaisseur moyenne qui est de 2,1 mm, on constate que 57% ont une épaisseur comprise entre **2 et 2,4 mm**.

c) **Estimation de la masse d'une graine de courge**

Pour estimer la masse d'une graine, nous avons procédé de la façon suivante :

Dans un premier temps, nous avons constitué deux paquets d'échantillon de **300** graines chacun. Après les avoir fait peser, nous avons obtenu une masse totale de **43,53 g** pour le premier paquet et de **42,882 g** pour le second. La moyenne par graine donne **0,144 g**.

Par la suite, à l'aide d'une balance alimentaire de précision **10<sup>-2</sup> mg**, nous avons procédé à une pesée graine par graine un paquet de **100** graines. Les résultats sont présentés dans le tableau 11 ci-dessous.

Les moyennes et les variances seront calculées respectivement par les formules (1), (2) et (3) en changeant la variable largeur par la variable masse :

Tableau 11 : Tableau statistique des masses des graines

Classe	[30 ; 70]	[80 ; 120]	[130;170]	[180; 220]	[230 ; 270]	[280 ; 320]	Total
Effectifs (ni)	5	37	41	10	6	1	100
Centres (mi)	50	100	150	200	250	300	
ni*mi	250	3700	6150	2000	1500	300	
Fréquence%	5	37	41	10	6	1	100

Tout calcule fait nous avons :

$$\text{Moyenne empirique : } \bar{X}_n = \frac{250 + 3700 + 6150 + 2000 + 1500 + 300}{100} = 139$$

$$X_n = 139mg$$

$$\text{Variance empirique : } S_n^2 = \frac{39605 + 56277 + 4961 + 37210 + 73926 + 25921}{100} = 2379$$

$$S_n^2 = 2379$$

$$\text{Ecart-type empirique : } S_n = \sqrt{2379} = 48,77$$

$$S_n = 48,77$$

La classification des fréquences nous donne la figure suivante :

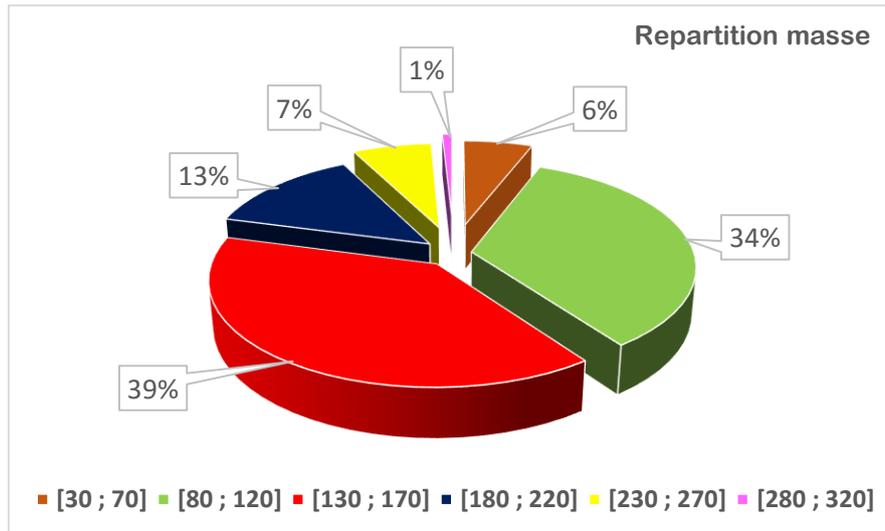


Figure 32 : Fréquences des masses

La masse moyenne d'une graine de courge est de 139 mg. On constate à partir de ce diagramme qu'environ **73 %** des graines ont une masse comprise entre **80** et **170 mg**.

Les valeurs extrêmes sont présentées dans le tableau III 4 suivant.

Tableau IV-3 : Récapitulatif des principaux résultats obtenus sur les graines de courge à coque dure d'Ebolowa

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des dimensions des graines de courge

Dimension	Valeur en (mm et mg)
Longueur minimale	11
Longueur maximale	20.7
Longueur moyenne	15.85
Largeur minimale	6
Largeur maximale	10.5
Largeur moyenne	8.012
Epaisseur minimale	1
Epaisseur maximale	3.5
Epaisseur moyenne	2.260

Masse minimale	30
Masse maximale	320
Masse moyenne	139

### III.1.4 Caractéristiques physiques

L'expérience que nous allons mener a pour but de déterminer :

- L'énergie de rupture d'une graine
- L'effort la puissance de décortiquage

Compte tenu du manque de dispositif appropriée (pendule de Charpy et ses accessoires) pouvant permettre d'obtenir une approximation plus précise des grandeurs comme : l'énergie de décortiquage et l'effort de décortiquage, pour déterminer ces grandeurs nous avons réalisé l'expérience suivante.

Expérience

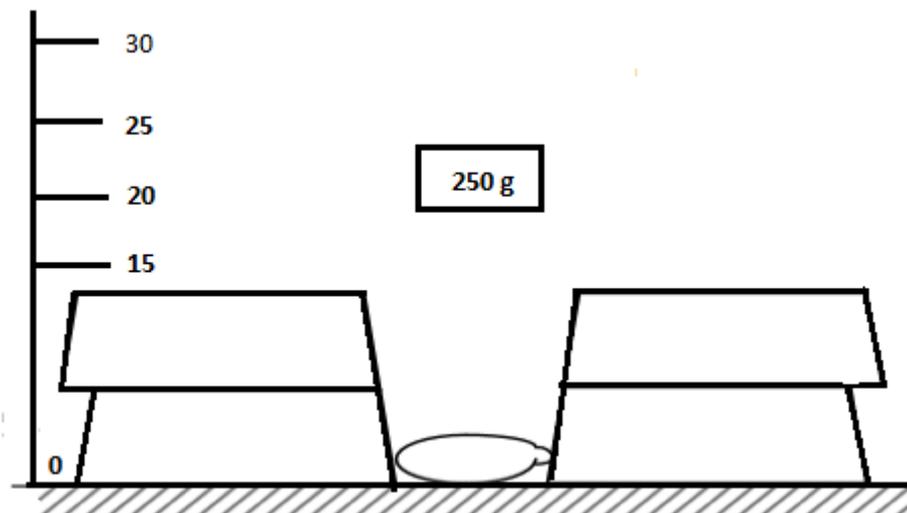


Figure 33 : Dispositif expérimental

#### a) Description de l'expérience

La graine est immobilisée entre deux barres pour la maintenir en position, une charge de masse 250 g initialement au repos, est lâchée sans vitesse initiale et vient percuter la graine de pistache.

L'expérience a été réalisée à plusieurs reprises avec des hauteurs variées et les graines de dimensions variables. Le résultat de cette expérience est inscrit dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques de la charge : masse (M)=250g ; gravite (g) = 9,8m/s<sup>2</sup> et la section

$$S = 45 \times 8 \text{ mm}^2 = 360\text{mm}^2$$

Tableau 13 : Résultats de l'expérience

Hauteur en cm	1	2	3	4	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10
Observation	ND	ND	ND	FD	FD	MD	D	MD	MB	B	B	E

**Légende** : ND : non décortiquées ; D : décortiquées ;  
 FD : faiblement décortiquées ; B : brisées ;  
 MD : moyennement décortiquées ; E : écrasées.

**b) Calcul de la puissance nécessaire pour rompre la coque sans briser l'amande**

$$P_{ui} = F \cdot V \tag{4}$$

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique pour trouver énergie de la charge juste au contact

$$\Delta E_{cin} = \sum W(\vec{F}_{ext}) \tag{5}$$

$$E_{cf} - E_{ci} = W(\vec{P}) \quad E_{ci} = 0 \text{ Car la vitesse initiale est nulle}$$

$$E_{rup} = M \times g \times h \tag{6}$$

or

$$E_{rup} = \frac{1}{2} M V^2 \tag{7}$$

$$\frac{1}{2} M V^2 = M \times g \times h \rightarrow V = \sqrt{2 \times g \times h} \tag{8}$$

$$F = P = M \times g \tag{9}$$

$$P_{ui} = M \times \sqrt{2 \times g^3 \times h} \quad AN: P_{ui} = 0,25 \times \sqrt{2 \times 9,87^3 \times 0,06} = 2,68$$

**$P_{ui} = 2,68 W$  Puissance nécessaire pour rompre une graine.**

### III.2. DETERMINONS LES CARACTERIQUES DU MOTEUR

Pour déterminer la puissance du moteur et ses autres caractéristiques, il est primordial de déterminer la puissance total nécessaire pour décortiquer l'ensemble des graines présentent dans la chambre de décortilage.

### III.2.1 Calcul de la puissance nécessaire pour rompre la coque de n graines

Soit n le nombre de graine dans la chambre de décortilage

$$P_d = P_{ui} * n \quad (10)$$

Déterminons le nombre de graines dans la chambre de décortilage

Le volume de la graine d'après ses dimensions nous donne  $V_g = 287,2 \text{ mm}^3$

Le volume de la chambre de décortilage nous donne  $V_{cd} = 200 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Nombres de graine est défini par l'équation (11) :

$$n = \frac{V_{cd}}{V_g} \quad (11)$$

$$AN : n = \frac{112 \times 10^3}{287,2} = 389,97 \text{ Soient } 390 \text{ graines}$$

$$P_d = P_{ui} * n \quad \rightarrow \quad AN : 390 \times 2,68 = 1876$$

$$P_d = 1.044 \text{ KW}$$

### III.2.2 Choix du moteur

Soit :  $\eta_1$  = rendement transmission poulies-courroies trapézoïdales  $\eta_1 = 0,95$

$\eta_2$  = rendement transmission dans les paliers a roulement  $\eta_2 = 0,98$

$P_m$  = Puissance du moteur

$$P_m = \frac{P_d}{\eta_1 * \eta_2} \quad (12)$$

$$AN : P_m = \frac{1044}{0.95 * 0.98} = 1122.66 \text{ W}$$

$$P_m = 1,122 \text{ KW}$$

D'après le Guide du dessinateur industriel à la page 247, nous choisissons un moteur électrique asynchrone triphasé de type LS 100 L avec les caractéristiques suivantes : **2.2 KW** – 1500tr/min – 230/240V – 50Hz – IP 55

### III.3. DIMENSIONNEMENT LES ELEMENTS DE TRANSMISSION DE PUISSANCE

Pour notre mécanisme nous avons décidé d'utiliser un système de transmission de puissance par poulie-courroie. Le dimensionnement de ce type de système suit une suite logique tel que ci-dessous.

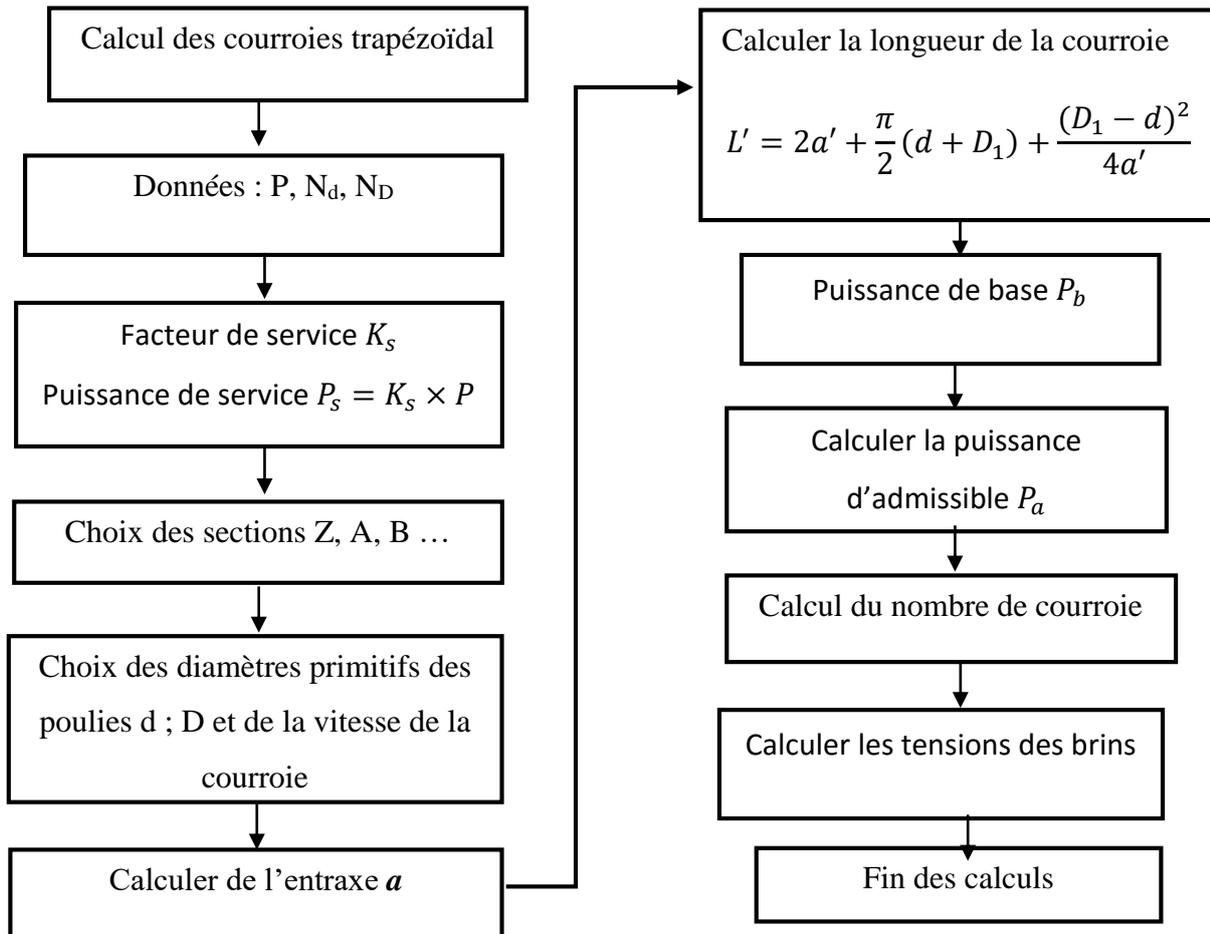


Figure 34 : Schéma synoptique du dimensionnement des courroies

On souhaite déterminer la ou les courroies permettant de transmettre :

- La puissance de :  $P_d = 1,044\text{kW}$
- Vitesse de rotation du moteur :  $N_M = 1500 \text{ trs/min}$
- Vitesse de rotation de la machine :  $N_m = 600 \text{ trs/min}$
- Temps de travail de la machine : 10 à 13 h/jrs
- Machine fonctionnant avec à coups et choc modéré  $K_s = 1,3$  (cf. annexe 2)

### III.3.1 Puissance de service

C'est la puissance nécessaire pour faire fonctionner notre machine sachant que celle-ci fonction avec des à-coups de choc

$$P_s = P_d \times K_s \quad (13)$$

$$\text{an: } P_s = 1,044 \times 1,3 = 1,35 \quad P_s = 1,35 \text{ kW}$$

### III.3.2 Choix de la section de la courroie

Elle se fait à l'aide d'un graphe et des variables (vitesse de rotation de la petite poulie et la puissance de service)

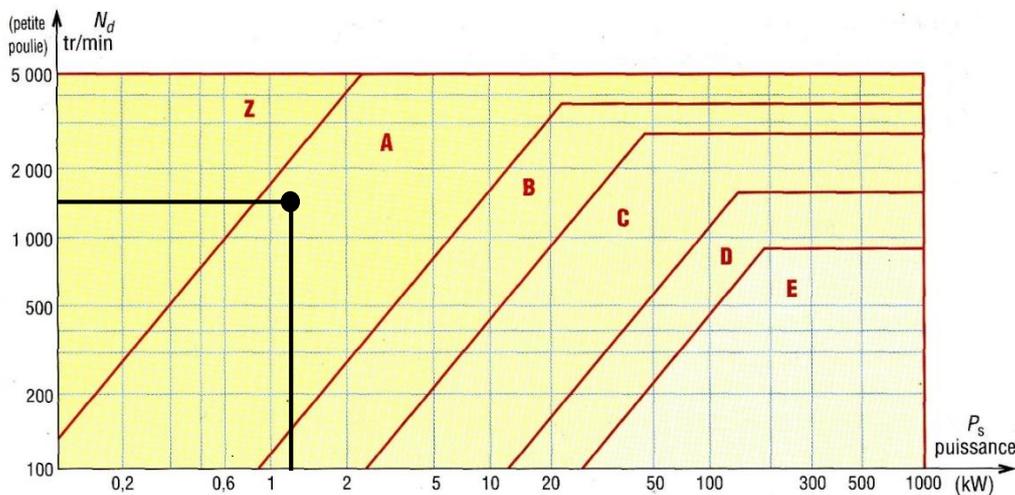


Figure 35 : Graphe de détermination du type de poulies

On a :  $P_s = 1,35 \text{ kW}$  et  $N_m = 1500 \text{ tr/min}$  : Le graphe nous permet de sélectionner les courroies **de type A**.

### III.3.3 Choix du diamètre primitif des poulies $d_p$ et $D_p$

D'après la formule du rapport de transmission

$$r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{d}{D} = \frac{\omega_D}{\omega_d} \quad (14)$$

$$\text{AN : } R = \frac{1500}{600} = 2,5 \quad R = 2,5$$

Après le table des valeurs recommandées des diamètres des poulies (*voir annexe 3*) on prendra  $d_p = 140\text{mm}$  d'où

$$D = d \times 2.5$$

$$AN: D_p = 140 \times 2,5 = 350$$

D'où nos poulies auront respectivement pour diamètres primitifs  $D_p = 350\text{mm}$  et  $d_p = 150\text{mm}$ .

La vitesse linéaire de notre courroie sera donc :

$$V = \frac{2\pi N \times \frac{d}{2}}{60} \Rightarrow V = \frac{\pi N_d d}{60} \quad (15)$$

$$AN: V = \frac{0,140 \times \pi \times 1500}{60} = 10,799 \quad D'ou \quad V \approx 11\text{m/s}$$

### III.3.4 Calcul de l'entraxe approximatif $a'$

C'est la distance séparant les axes de nos deux poulies.

$$\frac{D}{d} = \frac{350}{140} = 2,5 \quad \text{Soit } 1 \leq \frac{D_1}{d} \leq 3 \quad D'où :$$

$$d + \frac{d+D_1}{2} \leq a' \leq 3(d + D_1) \quad (16)$$

$$AN: 385 \leq a' \leq 1470$$

Pour des raisons d'encombrement, on retient  $a' = 437 \text{ mm}$

### III.3.5 Calcul longueur de la courroie

$$L' = 2a' + \frac{\pi}{2}(d + D_1) + \frac{(D_1 - d)^2}{4a'} \quad (17)$$

$$AN: L = 2(437) + \frac{\pi}{2}(140 + 350) + \frac{(350-140)^2}{4(437)} = 1668,91 \quad L' = 1668,91 \text{ mm}$$

D'après l'abaque des longueurs primitives ou de référence des courroies trapézoïdales (cf. :annexe 4) vous retiendrons une courroie de longueur  $L = 1709\text{mm}$

Ayant l'entraxe approximatif nous pouvons calculer l'entraxe réel  $a$ .

$$a = a' + \frac{L - L'}{2} \quad (18)$$

$$AN: a = 437 + \frac{1709 - 1668,91}{2} = 456,5$$

L'entraxe réel nous donne donc la valeur de  $a = 456,5\text{mm}$

### III.3.6 Puissance admissible de la courroie

$$P_a = P_b \cdot K_l \cdot K_\theta \quad (19)$$

C'est la puissance que peut supporter une courroie.

Avec :

a)  $P_b$  : puissance de base de la courroie

Puissance de base de la courroie (Cf. *annexe 4*), avec  $d_p = 140\text{mm}$  et  $V = 11 \text{ m/s}$  :

$P_b = 3,244 \text{ kW}$  (obtenue par interpolation entre 3,03 et 4,10) choisie

b) coefficient correcteur fonction de la longueur primitive :  $K_l = 1$

c) Angle d'enroulement :  $\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{(D_p - d_p)}{2a} = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{350 - 140}{2 \times 456,5}$

$$\theta = 153,40^\circ$$

coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement  $\theta$ :  $K_\theta \approx 0,93$

$$D'ou P_a = 0,93 \times 3,244 \times 0,99 = 3,156$$

$$P_a = 2,98 \text{ Kw}$$

### III.3.7 Nombre nécessaire de courroies

Après avoir de terminer la puissance admissible  $P_a = 2,98 \text{ KW}$ , il est important de déterminer le nombre de courroies utile. Elle s'obtient par la formule suivante

$$n_c = \frac{P_s}{P_a} \quad (20)$$

$$n_c = \frac{1,35}{2,98} = 0,454 \quad \text{Soit une courroie pour notre systeme}$$

### III.3.8 Calcul des tensions de fonctionnement dans la courroie

on sait que  $\left\{ \begin{array}{l} P_1 = (T_1 - t_1)V_1 \\ \frac{T_1 - kV_1^2}{t_1 - kV_1^2} = e^{\frac{f \times \theta_1}{\sin(\beta/2)}} \end{array} \right.$  en négligeant :  $kV_1^2$  (21)

On obtient :

$$\begin{cases} P_1 = (T_1 - t_1)V_1 & (i) \\ \frac{T_1}{t_1} = e^{\frac{f \times \theta_1}{\sin(\beta/2)}} & (ii) \end{cases}$$

Tirons  $T_1$  de l'équation (i) et remplaçons dans (ii) on obtient

$$\frac{\frac{P_1}{V_1} + t_1}{t_1} = e^{\frac{f \times \theta_1}{\sin(\beta/2)}}$$

D'où  $t_1 = \frac{P_1}{V_1} \left( -1 + e^{\frac{f \times \theta_1}{\sin(\beta/2)}} \right)^{-1}$  ,  $T_1 = \frac{P_1}{V_1} \left[ 1 + \left( -1 + e^{\frac{f \times \theta_1}{\sin(\beta/2)}} \right)^{-1} \right]$  et  $T_0 = \frac{T_1 + t_1}{2}$  (22)

Avec :

- Avec : Angle d'enroulement sur la petite poulie :  $\theta_1 = 2,677rad$
- Tension brin mou : t
- Tension brin tendu : T
- Vitesse linéaire de la courroie :  $V_1 = 11m/s$
- Puissance de décortilage :  $P_1 = 1,044KW$
- Coefficient de frottement de la courroie :  $f = 0,4$
- Angle d'ouverture de la courroie:  $\beta = 38^\circ$  (cf. *Annexe 5*)

En application numérique

**AN :**  $t_1 = \frac{1044}{11} \left( -1 + e^{\frac{0,4 \times 2,677}{\sin(38/2)}} \right)^{-1} = 3,676 \text{ N}$   **$t_1 = 3,676 \text{ N}$**

- **AN :**  $T_1 = \frac{1044}{11} \left[ 1 + \left( -1 + e^{\frac{0,4 \times 2,677}{\sin(38/2)}} \right)^{-1} \right] = 98,58 \text{ N}$   **$T_1 = 98,58 \text{ N}$**

- **AN :**  $T_0 = \frac{3,676 + 98,58}{2} = 51,13 \text{ N}$   **$T_0 = 51,13 \text{ N}$**

Tableau 14 : Synthèse des caractéristiques du système poulies-courroies

Diamètre poulie réceptrice	<b>SPA 350</b>
Diamètre de la poulie motrice	<b>SPA 140</b>
Type et nombre de courroie	<b>1 SPA 1709</b>
Longueur primitif de courroie	<b>L<sub>1</sub> = 1709 mm</b>

Entraxe réel	<b><math>E_1 = 456,5 \text{ mm}</math></b>
Angle d'enroulement sur la petite poulie	<b><math>\theta_1 = 2,675 \text{ rad}</math></b>
Tension brin mou	<b><math>t = 3,676 \text{ N}</math></b>
Tension brin tendu	<b><math>T = 98,58 \text{ N}</math></b>
Tension de pose	<b><math>T_0 = 51,13 \text{ N}</math></b>
Vitesse linéaire de la courroie	<b><math>V_1 = 11 \text{ m/s}</math></b>
Puissance de décortilage	<b><math>P_1 = 1,044 \text{ KW}</math></b>
Coefficient de frottement de la courroie	<b><math>f = 0,4</math></b>
Angle d'ouverture de la courroie	<b><math>\beta = 38^\circ</math></b>

Après avoir dimensionner le couple du système poulie courroie nous allons ainsi dimensionner diamètre minimale de l'arbre

### III.4. DIMENSIONNER LES ELEMENTS TOURNANTS

Notre système procède deux arbres avec des propriétés identiques un principale et un secondaire, nous procéderons uniquement au dimensionnement de l'arbre principale car il est celui le plus sollicité et porte la poulie.

#### Hypothèses :

- L'arbre est homogène et isostatique ;
- Nous considérons que les liaisons sont parfaites ;
- Les poids des poulies sont négligés devant les efforts extérieurs de contact ;
- L'axe est en acier S360.

#### III.4.1 Modélisation et inventaires des actions mécaniques sur arbre

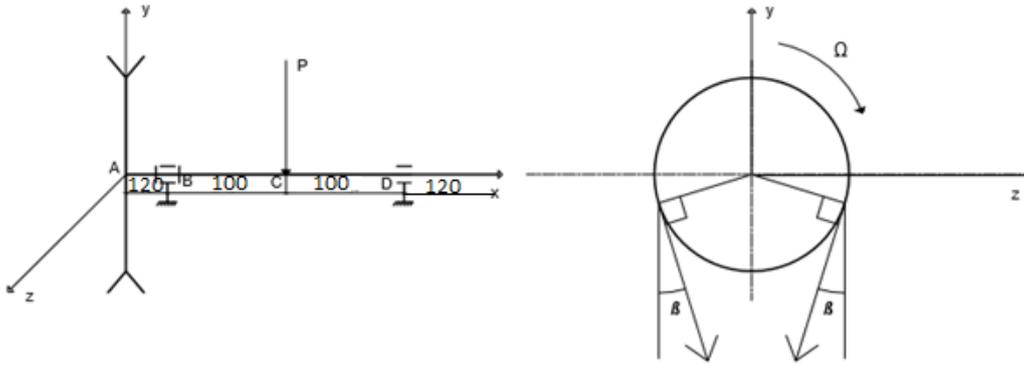


Figure 36 : Modélisation de l'arbre

### Inventaire des actions mécaniques sur l'arbre

- Poids du produit  $\vec{P}$
- Les forces exercées par la poulie  $\vec{T}$  et  $\vec{t}$
- Les réactions aux appuis  $\vec{R}_A$  et  $\vec{R}_B$

### III.4.2 Détermination des réactions aux appuis

#### ✓ Torseurs des tensions de la courroie sur la poulie 2

$$\tau_{(4/1)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -T \cos \beta & 0 \\ T \sin \beta & 0 \end{Bmatrix}_R \quad \tau_{(4/1)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -t \cos \beta & 0 \\ -t \sin \beta & 0 \end{Bmatrix}_R ;$$

#### ✓ Torseurs des actions mécaniques au point B et au point D

$$\tau_B = \begin{Bmatrix} X_B & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{Bmatrix}_R \quad \tau_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_D & 0 \\ Z_D & 0 \end{Bmatrix}_R ;$$

#### ✓ Torseurs des actions mécaniques au point C

$$\tau_C = \begin{Bmatrix} 0 & -Cd \\ -P & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R$$

#### a) Réduction des torseurs des actions mécaniques au point B

$$\Rightarrow \{\tau(T)\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{T} = -T \cos \beta \vec{j} - T \sin \beta \vec{k} \\ \vec{M}_C(\vec{T}) = \vec{BI} \wedge \vec{T} \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} 0 & -TR \\ -T \cos \beta & 120T \sin \beta \\ T \sin \beta & 120T \cos \beta \end{Bmatrix}_B$$

$$\Rightarrow \{\tau(t)\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{t} = -t \cos \beta \vec{j} + t \sin \beta \vec{k} \\ \vec{M}_C(\vec{t}) = \vec{BJ} \wedge \vec{t} \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} 0 & tR \\ -t \cos \alpha & -120t \sin \beta \\ -t \sin \alpha & 120t \cos \beta \end{Bmatrix}_B$$

$$\Rightarrow \{\tau(R_D)\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_D = Y_D \vec{j} + Z_D \vec{k} \\ \vec{M}_C(\vec{R}_D) = \vec{BD} \wedge \vec{R}_D \end{array} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & 0 \\ Y_D & -200Z_D \\ Z_D & 200Y_D \end{array} \right\}_B$$

$$\Rightarrow \{\tau(P)\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = -P \vec{j} \\ \vec{M}_C(\vec{R}_C) = \vec{BC} \wedge \vec{P} \end{array} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & -Cd \\ -P & 0 \\ 0 & -100P \end{array} \right\}_B$$

$$\Rightarrow \{\tau(R_B)\}_B = \left\{ \begin{array}{ll} X_B & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{array} \right\}_B$$

**b) Condition d'équilibre**

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \{\tau(P)\}_B + \{\tau(R_B)\}_B + \{\tau(R_D)\}_B + \{\tau(T)\}_B + \{\tau(t)\}_B = \{0\} \quad (23)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0 & -Cd \\ -P & 0 \\ 0 & -100P \end{array} \right\}_B + \left\{ \begin{array}{ll} X_B & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{array} \right\}_B + \left\{ \begin{array}{ll} 0 & 0 \\ Y_D & -200Z_D \\ Z_D & 200Y_D \end{array} \right\}_B + \left\{ \begin{array}{ll} 0 & tR \\ -t \cos \alpha & -120t \sin \beta \\ -t \sin \alpha & 120t \cos \beta \end{array} \right\}_B$$

$$+ \left\{ \begin{array}{ll} 0 & -TR \\ -T \cos \beta & 120T \sin \beta \\ T \sin \beta & 120T \cos \beta \end{array} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_B$$

En projetant suivant les axes on aura :

$$\text{Suivant } ox: X_B = 0 \quad (i)$$

$$\text{Suivant } oy: Y_B - T \cos \beta - t \cos \beta + Y_D - P = 0 \quad (ii)$$

$$\text{Suivant } oz: Z_B + Z_D + (T - t) \sin \beta = 0 \quad (iii)$$

$$\sum \vec{M}_C(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \quad (25)$$

$$\text{Suivant } ox: (t - T) \times R - Cd = 0 \quad (iv)$$

$$\text{Suivant } oy: -120T \sin \beta - 120t \sin \beta - 200Z_D = 0 \quad (v)$$

$$\text{Suivant } oz: 120t \cos \beta + 120T \cos \beta + 200Y_C - 100P = 0 \quad (vi)$$

$$\text{Avec } \beta = \frac{180^\circ - \sigma_1}{2} \quad \text{D'où } \beta = 13,29^\circ$$

- (v)  $\Rightarrow Z_D = \frac{120T \sin \beta - 120t \sin \beta}{200} \quad AN: Z_D = \frac{120 \times \sin 13,29(98,58 - 3,676)}{200} = 3,85 \text{ N}$
- En remplaçant  $Z_D$  dans (iii)  $Z_B = (t - T) \sin \beta - Z_D = 0$   
 $AN: Z_B = (3,676 - 98,58) \sin 13,29 - 3,85 = -25,66 \text{ N}$
- (vi)  $\Rightarrow Y_D = \frac{-75 \cos \beta (t+T) + 100.P}{200} \quad AN: Y_D = \frac{-75 \times \sin 13,29(98,58 + 3,676) + 100 \times 150}{200} = 70,85 \text{ N}$

- En remplaçant la valeur de  $Y_D$  dans (ii) on aura  $Y_B = (T + t) \cos \beta - Y_D + P$   
 $AN: Y_B = (98,58 + 3; 676) \cos 13,29 + 150 - 70,85 = 178,66N$
- (iv)  $\Rightarrow Cd = (T - t)/R$   $AN: cd = \frac{98,58-3,676}{175} = 5,42N.mm$

### Synthèses des résultats

$$\bullet \quad \tau_T = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -95,93 & 0 \\ 22,66 & 0 \end{Bmatrix}_I; \quad \tau_t = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -3,57 & 0 \\ -0,84 & 0 \end{Bmatrix}_J; \quad \tau_P = \begin{Bmatrix} 0 & 5,42 \\ -150 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_C;$$

$$\tau_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 178,66 & 0 \\ -25,66 & 0 \end{Bmatrix}_B; \quad \tau_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 70,85 & 0 \\ 3,85 & 0 \end{Bmatrix}_D$$

### III.4.3 Détermination des actions mécaniques internes aux appuis

#### 1<sup>er</sup> tronçon : AB $0 \leq x < 120$

Expression du torseur des actions mécaniques de cohésion au point G :

$$\tau_{cohésion} = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_Y & M_{fy} \\ T_Z & M_{fz} \end{Bmatrix}_G$$

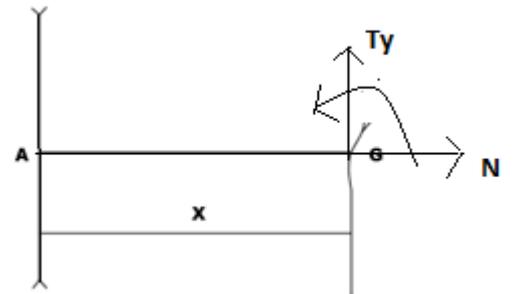


Figure 37 : coupure fictive I

Réduction des torseurs des actions mécaniques au point G :

$$\tau_{(A/G)} = \begin{Bmatrix} \vec{R} = -(T + t) \cos \beta \vec{j} - (t - T) \sin \beta \vec{k} \\ M_G(\vec{R}) = \vec{GA} \wedge \vec{R} \end{Bmatrix}_G \quad (27)$$

$$= \begin{Bmatrix} 0 & (T - t)R \\ -(T + t) \cos \beta & (t - T)x \sin \beta \\ (t - T) \sin \beta & (T + t)x \cos \beta \end{Bmatrix}_G$$

Condition d'équilibre :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_Y = (T + t) \cos \beta \\ T_Z = -(T - t) \sin \beta \end{cases} \quad (\text{en N})$$

$$\sum M_C(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \rightarrow \begin{cases} M_t = (t + T)R \\ M_{fy} = (T - t)x \sin \beta \\ M_{fz} = -(T + t)x \cos \beta \end{cases} \rightarrow \tau_{cohésion} = \begin{Bmatrix} 0 & 16608,2 \\ 99,51 & 21,81x \\ -21,81 & -99,51x \end{Bmatrix}_G$$

Tableau 15 : Récapitulatif des valeurs extrêmes sur le tronçon 1

X (mm)	0	120
N (N)	0	0
$T_Y$ (N)	99,51	99,51
$T_Z$ (N)	-21,81	-21,81
$M_t$ (Nmm)	16608,2	16608,2
$M_{fy}$ (Nmm)	0	1635,75
$M_{fz}$ (Nmm)	0	-7463,25

**2<sup>er</sup> tronçon : BD**  $120 \leq x < 220$

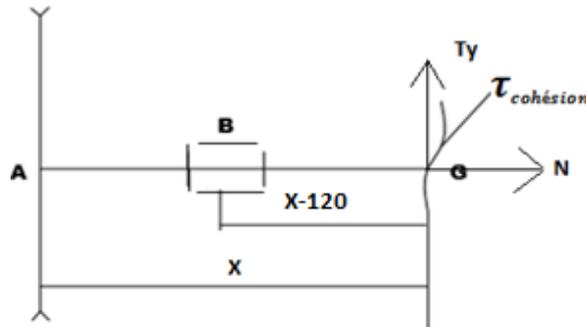


Figure 38 : Schématisation de la coupe fictive du tronçon 2

**Réduction des torseurs des actions mécaniques au point G :**

$$\mathcal{T}(A/G) = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R} = -(T + t) \cos \alpha \vec{j} + (T + t) \sin \alpha \vec{k} \\ \overrightarrow{M_G}(\vec{R}) = \overrightarrow{GA} \wedge \vec{R} \end{array} \right\}_G \quad (28)$$

$$= \left\{ \begin{array}{cc} 0 & (T - t)r_2 \\ -(T + t) \cos \alpha & (t - T)x \sin \alpha \\ (t - T) \sin \alpha & x(T + t) \cos \alpha \end{array} \right\}_G$$

$$\mathcal{T}(B/G) = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R} = 178,66\vec{j} + 25,66\vec{k} \\ \overrightarrow{M_G}(\vec{R}) = \overrightarrow{GB} \wedge \vec{R} \end{array} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 178,66 & -25,6(x - 120) \\ -25,66 & 178,66(x - 120) \end{array} \right\}_G$$

Condition d'équilibre :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_Y = (T + t) \cos \alpha - 178,66 \\ T_Z = (T - t) \sin \alpha + 25,66 \end{cases} \quad (\text{en N})$$

$$\sum \vec{M}_C(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \rightarrow \begin{cases} M_t = (T - t) \cdot R \\ M_{fy} = (t - T) x \sin \alpha + 25,66(x - 120) \\ M_{fz} = -(T + t)x \cos \alpha + 178,66(x - 120) \end{cases} \quad (\text{en N.mm})$$

$$\text{D'où le torseur nous donne } \boldsymbol{\tau}_{cohésion} = \left. \begin{matrix} 0 & 16607,5 \\ -84,01 & 47,47x - 1924,5 \\ 47,47 & 84,01x - 13399,5 \end{matrix} \right\}_G$$

Tableau 16 : Récapitulatif des valeurs extrêmes tronçon 2.

X (mm)	120	220
N (N)	0	0
T <sub>Y</sub> (N)	-84,01	-84,01
T <sub>Z</sub> (N)	47,475	47,47
M <sub>t</sub> (Nmm)	16607,5	16607,5
M <sub>fy</sub> (Nmm)	1635,7	11723,125
M <sub>fz</sub> (Nmm)	-7098,75	-10753,3752

3<sup>er</sup> tronçon : DC  $220 \leq x < 440$

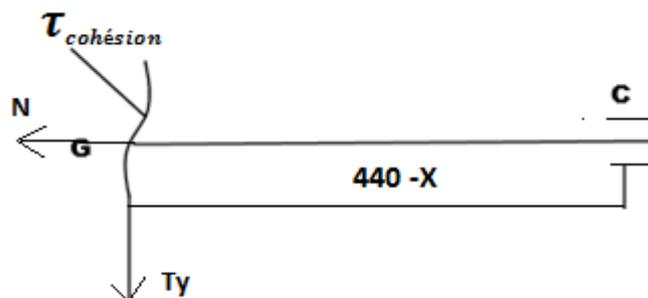


Figure 39 : Coupe fictive tronçon 3

**Réduction des torseurs des actions mécaniques au point G**

$$\mathcal{T}_{(C/G)} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R} = -70,85\vec{j} - 3,85\vec{k} \\ \overrightarrow{M_G(R)} = \overrightarrow{GD} \wedge \vec{R} \end{array} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 70,85 & 3,85(x - 440) \\ -3,85 & 70,85(x - 440) \end{array} \right\}_G$$

**Condition d'équilibre**

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_Y = -70,85 \\ T_Z = -3,85 \end{array} \right. \quad (\text{en N})$$

$$\sum \overrightarrow{M(F_{ext})} = \vec{0} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{fy} = -3,85(x - 440) \\ M_{fz} = 70,85(x - 440) \end{array} \right. \quad (\text{en N.mm})$$

D'où le torseur s'écrit :

$$\mathcal{T}_{cohésion} = \left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ -70,85 & -3,85x + 1925 \\ -3,85 & 70,85x - 35425 \end{array} \right\}_G.$$

Tableau 17 : Récapitulatif des valeurs extrêmes tronçon 3

<b>X (mm)</b>	<b>220</b>	<b>440</b>
<b>N (N)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>T<sub>Y</sub> (N)</b>	<b>-70,85</b>	<b>-70,85</b>
<b>T<sub>Z</sub> (N)</b>	<b>-3,85</b>	<b>-3,85</b>
<b>M<sub>t</sub> (Nmm)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>M<sub>fy</sub> (Nmm)</b>	<b>818,125</b>	<b>0</b>
<b>M<sub>fz</sub> (Nmm)</b>	<b>-15055,625</b>	<b>0</b>

**III.4.4 DIAGRAMME DES MOMENTS**

D'après ces diagrammes on déduit :

$$N = 0 ; \quad \left\| T_{Y(\text{Maxi})} \right\| = 99,51 \text{ N} ; \quad \left\| T_{fz(\text{Maxi})} \right\| = 47,47 \text{ N} ; \quad \left\| M_{t(\text{Maxi})} \right\| = 16608,5 \text{ N. mm}$$

$$\|M_{f_{y(\text{Maxi})}}\| = 11723,125 \text{ N. mm} ; \quad \|M_{f_{z(\text{Maxi})}}\| = 15055,625 \text{ N. mm}$$

### III.4.5 Détermination du diamètre minimal de l'arbre

D'après le diagramme ci-dessus, notre poutre est soumise à une sollicitation composée d'une flexion et d'une torsion, la section la plus sollicitée est située en BC car :

$$M_{fmax} = \sqrt{M_{fy}^2 + M_{fz}^2} \quad (29)$$

$$\text{AN: } M_f = \sqrt{(11723,125)^2 + (15055,625)^2} = 19081,49 \text{ N.mm}$$

À partir de celle-ci, nous allons déterminer le diamètre minimal de l'arbre.

#### HYPOTHESES

Notre arbre est en acier inoxydable (fortement allié) : X6 CrNiTi18-11 fortement conseillé pour l'agro-alimentaire. On prendra comme résistance à la rupture élastique  $R_e = 360 \text{ MPa}$  et nous adopterons un coefficient de sécurité  $S = 3$ .

Nous allons étudier notre poutre suivant deux critères

#### a) Critère de VON MISES

Ce critère nous permet de trouver le diamètre minimal de notre arbre à partir du moment idéal de flexion.

$$M_{if} = \sqrt{M_f^2 + \frac{3}{4}M_t^2} \quad (30)$$

$$\text{AN: } M_{if} = \sqrt{(19081,49)^2 + \frac{3}{4}(16608,5)^2} = 23895,29 \text{ N.mm}$$

$$\text{On a } \sigma_{max} \leq \sigma_p \rightarrow \frac{M_{if}}{(I_{Gz/v})} \leq \frac{R_e}{s} \text{ Avec } I_{Gz} = \frac{\pi d^4}{64} \text{ et } v = \frac{d}{2} \quad (31)$$

$$\text{On aura } d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{if} \times s}{\pi R_e}} \quad (32)$$

$$\text{AN: } d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \times 23895,29 \times 2}{\pi \times 360}} = 11,05 \text{ mm} \quad d \geq 11,05 \text{ mm}$$

#### b) Critère de TRESCA Résistance à la torsion (contrainte tangentielle)

$$\text{Selon le critère de TRESCA on a la condition suivante On a } \tau_{max} \leq \tau_p \quad (33)$$

$$\rightarrow \frac{M_{it}}{I_0/v} \leq 0,7 \frac{R_e}{s} \text{ Avec } I_0 = \frac{\pi d^4}{32} \text{ et } v = \frac{d}{2} \text{ et } M_{it} = \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$$

$$\text{On aura } d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{it} \times s}{\pi R_e}} \quad (34)$$

$$\text{AN: } M_{it} = \sqrt{(19081,49)^2 + (16608,51)^2} = 25297,15 \text{ N.mm}$$

$$\text{AN: } d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \times 25297,15 \times 2}{\pi \times 360}} = d \geq 37,83 \text{ mm}$$

D'après l'application de la condition de résistance en torsion et en flexion on conclut que

$$d \geq 37,83 \text{ mm}$$

En tenant compte des variations de section de l'arbre, des concentrations des contraintes pouvant survenir lors de la fabrication et du clavetage réalisé en bout, nous choisissons un diamètre normalisé de :  $d = 40 \text{ mm}$

### III.5. DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE GUIDAGES

En mécanique le guidage est une action assurée par un joint cinématique dans un mécanisme. Le guidage en rotation de notre arbre va être assuré d'une part par une clavette et d'autre part à l'aide des roulements à une rangée de bille donc nous devons déterminer les caractéristiques.

#### III.5.1) Dimensionnement la clavette

Le but ici est de déterminer la longueur de la clavette (L) en fonction des efforts qui y sont appliquées.

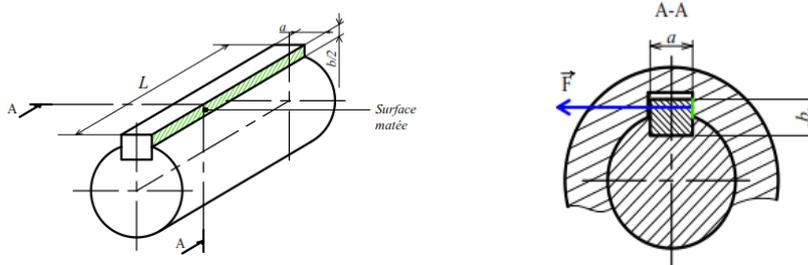


Figure 40 : Modélisation d'une clavette soumise au matage

**Hypothèses :**

- ✓ Nous choisirons une clavette parallèle de **forme A** en **acier**.
- ✓ Clavette de section **S = 8 × 7** avec **a = 8 mm** et **b = 7 mm**
- ✓ **P<sub>ml</sub>**: Pression de matage limite de valeur **45 MPa**
- ✓ **P<sub>a</sub>** : pression au niveau du contact clavette moyeu

$$C_1 = (T_1 - t_1) \frac{D_1}{2} \text{ Or } C_1 = F_1 \times \frac{d_1}{2} \quad \text{d'où} \quad F_1 \times \frac{d_1}{2} = (T_1 - t_1) \frac{D_1}{2} \quad \text{donc : } F_1 = (T_1 - t_1) \frac{D_1}{d_1}$$

C<sub>1</sub> : Couple transmis sur la poulie primaire

F<sub>1</sub> : Effort tangentiel

T<sub>1</sub> : Tension brin mou courroie primaire T<sub>1</sub> = 98,58 N

t<sub>1</sub> : Tension brin tendu courroie primaire t<sub>1</sub> = 3,676 N

D<sub>1</sub> : diamètre de la poulie réceptrice D<sub>1</sub> = 350 mm

d<sub>1</sub> : diamètre de l'arbre récepteur d<sub>1</sub> = 40 mm

$$F_1 = (T_1 - t_1) \frac{D_1}{d_1} \tag{35}$$

$$\text{AN : } F_1 = (98,58 - 3,676) \times \left(\frac{350}{40}\right) = \mathbf{830,375 \text{ N}}$$

$$F_1 = \mathbf{830,75 \text{ N}}$$

La condition de résistance de non matage s'écrit :

$$P_a \leq P_{ml} \tag{36}$$

Avec : P<sub>a</sub> : Pression admissible subit par le flanc de la clavette

$$\text{Or } P_a = \frac{2F_1}{b \times l} \leq P_{atm} \Rightarrow l \geq \frac{2F_1}{b \times P_{atm}} \tag{37}$$

$$\text{AN : } l \geq \frac{2 \times 830,75}{7 \times 45} \quad l \geq \mathbf{5,27 \text{ mm}}$$

Pour la liaison arbre principal - poulie réceptrice nous prendrons selon le MEMENTO une longueur **L=18mm** une clavette parallèle en forme **A** d'où la clavette **A 8 × 7 × 18** sera utilisée.

**III.5.2) Dimensionnement du palier de roulements**

Notre arbre est guidé en rotation par deux paliers en **B** et **D**. Les efforts dans les paliers en ces points sont radiaux. Les efforts étant cependant modéré, les roulements à une rangée de

billes à contact radial conviendraient pour le guidage. Le palier en **B** étant plus chargé, le choix des roulements se fera suivant ce dernier.

**Hypothèses**

- ✓  $L_{10H} = 15000$  heures (durée de vie des roulements en heures) ;
- ✓  $F_d = 1,2$  Facteur de régularité du couple
- ✓  $F_k = 2$ : Coefficient pour la transmission poulie-courroie
- ✓  $F_a$  et  $F_r$  respectivement efforts axial et radial ;
- ✓  $N_2 = 600$  trs/min : vitesse de rotation de l'arbre.
- ✓  $d = 35$  : diamètre minimal de l'arbre
- **L'effort radiale théorique**

$$R_B = \sqrt{Y_B^2 + Z_B^2} \tag{38}$$

$$AN: \sqrt{178,66^2 + (-25,66)^2} = 180,49 \quad R_B = 0,180 \text{ kN}$$

- **L'effort radial corrige  $F_r$**

$$F_r = F_d \times F_k \times R_B \tag{39}$$

$$AN: F_r = 1,2 \times 2 \times 0,180 = 0,433 \quad F_r = 0,433 \text{ KN}$$

- **Calcul de la charge dynamique équivalente**

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a \quad \text{Or} \quad \frac{F_a}{F_r} = 0 < e \quad \Rightarrow \quad x = 1 \text{ et } y = 0$$

D'où  $P = F_r = \Rightarrow P = 0,433 \text{ KN}$

- **Calcul de la durée de vie du roulement en million de tours**

$$\text{On sait que } L_{10H} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot N} \quad \Rightarrow \quad L_{10} = \frac{60 \times N_2 \times L_{10H}}{10^6} \tag{40}$$

$$AN: L_{10} = \frac{60 \times 600 \times 15000}{10^6} = 540 \text{ Millions de tours}$$

$$L_{10} = 540 \text{ Millions de tours}$$

- **Calcul de la charge dynamique de base**

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \quad \text{avec } n = 3 \quad \Rightarrow \quad \sqrt[3]{L_{10}} = \frac{C}{P} \quad \Rightarrow \quad C = P \sqrt[3]{L_{10}} \tag{41}$$

$$AN: C = 0,433 \sqrt[3]{540} = 35,25 \text{ N}$$

$$C = 3,52 \text{ KN}$$

La charge dynamique de base du roulement choisi doit être supérieure à **3,52 KN**. Nous choisissons donc le palier **SKF6006** (voir mémento du dessin industriel tome 2 page139).

### III.6. ETUDE GRAPHIQUE

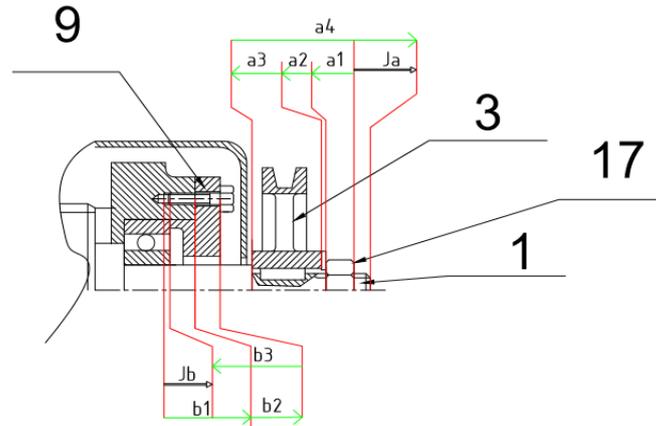
Dans cette partie nous présentons le dessin d'ensemble, ainsi que les différents jeux fonctionnels qui vont nous permettre de ressortir les dessins de définitions des pièces.

#### III.6.1. Dessin d'ensemble

Voir dessin d'ensemble, folio 1 et 2.

### III.6.2. Cotation fonctionnel

Nous nous proposons d'étudier les conditions de fonctionnement de notre mécanisme. Cependant, nous nous intéresserons qu'aux principaux jeux fonctionnels. Après avoir établi les chaînes de cotes minimales, nous effectuerons les calculs relatifs à ces jeux.



➤ Justification des jeux

Ja : le jeu Ja assure les conditions de montage de (17) sur (1) pour éviter le frottement entre (3) et le carter.

Jb : le jeu Jb (réserve de taraudage) pour assurer le serrage de 9 et le bâti

➤ Calcul des jeux

$$Ja = -(a1 + a2 + a3) + a4 \quad \text{Avec : } a1 = 26^{\pm 0,2} \quad a2 = 3^{\pm 0,5} \quad a3 = 20 \quad a4 = 52^{\pm 0,2}$$

$$Ja_{\max} = a4_{\max} - a1_{\min} - a2_{\min} - a3_{\min}$$

$$Ja_{\max} = 52,2 - 25,8 - 2,5 - 20 \quad Ja_{\max} = 3,9\text{mm}$$

$$Ja_{\min} = a4_{\min} - a1_{\max} - a2_{\max} - a3_{\max}$$

$$Ja_{\min} = 51,8 - 25,2 - 3,5 - 20 \quad Ja_{\min} = 3,1\text{mm}$$

$$ITJa = ITa1 + ITa2 + ITa3 + ITa4$$

$$ITJa = 0,4 + 1 + 0,4 \quad ITJa = 1,8$$

***D'où le jeu Ja = 3<sup>±0,9</sup>mm***

$$Jb = b1 + b2 - b3 \quad \text{Avec : } b1 = 21^{\pm 0,2} \quad b2 = 17^{\pm 0,2} \quad b3 = 35^{\pm 0,1}$$

$$Jb \text{ max} = b1 \text{ max} + b2 \text{ max} - b3 \text{ min}$$

$$Jb \text{ max} = 21,2 + 17,2 - 35,1$$

$$Jb \text{ max} = 3,5 \text{ mm}$$

$$Jb \text{ min} = b1 \text{ min} + b2 \text{ min} - b3 \text{ max}$$

$$Jb \text{ min} = 20,8 + 16,8 - 34,9$$

$$Jb \text{ min} = 2,5 \text{ mm}$$

$$ITJb = ITb1 + ITb2 + ITb3$$

$$ITJb = 0,4 + 0,4 + 0,2$$

$$ITJb = 1$$

*D'où le jeu  $Jb = 3^{\pm 0,5} \text{ mm}$*

### **III.6.3. Dessin de définition**

Voir folio 3 et 4.

## CHAPITRE IV : ETUDE DE FABRICATION, COUT ET EXPLOITATION DE L'EQUIPEMENT

Dans cette partie, nous allons faire tout d'abord une analyse de fabrication complète de l'arbre principal afin d'établir un ordonnancement des opérations élémentaires lors de la fabrication, en suite nous présenterons la réalisation du prototype, après nous ferons faire une étude financière et en fin proposer un plan de maintenance.

### IV.1. ANALYSE DE FABRICATION

La fabrication mécanique est la réalisation des pièces conformément aux normes de dessin de définition. Pour cette fabrication, il y'a lieu de se poser des questions concernant ce qu'on fabrique et son coût.

#### IV.1.1. Cahier de charge de fabrication

- L'analyse de fabrication tiendra surtout compte des équipements (machines-outils et accessoires disponibles dans un atelier de la place)
- Les outils utilisés en tournage sont les Aciers Rapide Supérieur (ARS)
- Les outils fraise et forêt sont les Aciers Rapide Extra-Supérieur (ARES)

#### IV.1.2. Programme de fabrication de l'axe principale

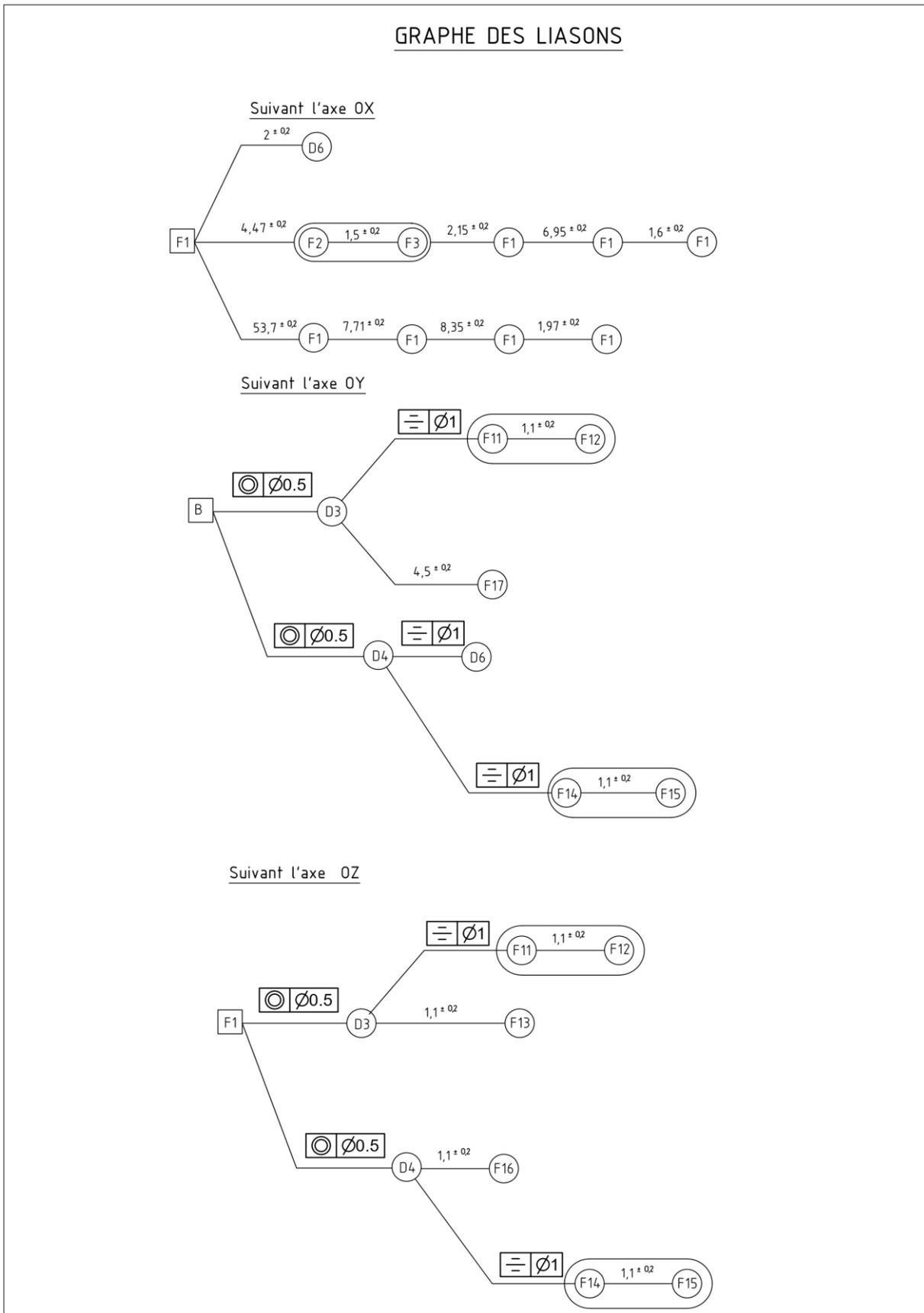
Nous supposons que les déformations dues à l'échauffement de l'ensemble pièces-outils-machine sont négligeables.

- Les phases d'usinage sont repérées par les nombres 10 (contrôle du brut) ; 20 (tournage) ; 30 (fraisage) et 40 (contrôle final).
- Les sous-phases sont repérées par les nombres 101, 202, 303...

L'étude sera faite comme suit :

- Dessin de définition de l'arbre principale (folio 3) ;
- Dessin de fabrication de l'arbre principale (folio 4).

➤ GRAPHE DES LIASONS



➤ **TABLEAU DE DEFINITION DES OPERATIONS ELEMENTAIRES**

SURFACES	FORME DE LA SURFACE	COTES DE LIAISON AUX SURFACES		SPECIFICATIONS			OPERATIONS ELEMENTAIRES (SYMBOLES)
		USINEES	BRUTES	Ra	IT	PARTICULIERES	
F1	PLANE			0,3	6,3		F1F
F2	Plane	x		0,4	6,3		F2F
F3	Plane	x		0,4	6,3		F3F
F4	Plane	x		0,4	6,3		F4F
F5	Plane	x		0,4	6,3		F5F
F6	Plane	x		0,4	6,3		F6F
F7	Plane	x		0,4	6,3		F7F
F8	Plane	x		0,4	6,3		F8F
F9	Plane	x		0,4	6,3		F9F
F10	Plane	x		0,4	6,3		F10F
F11	Plane	x		1	6,3		F11F
F12	Plane	x		1	6,3		F12F
F13	Plane	x		0,4	6,3		F13F
F14	Plane	x		1	6,3		F14F
F15	Plane	x		1	6,3		F15F
F16	Plane	x		0,4	6,3		F16F
F17	Plane	x		0,4	6,3		F17F
D1	Cylindrique	x		0,4	6,3		D1F
D2	Cylindrique	x	x	0,4	1,6		D2E, D2F/2,D2F
D3	Cylindrique		x	0,5	6,3		D3F
D4	Cylindrique			0,5	1,6		D4F
D5				0,4	6,3		D5F
D6				0,4	6,3		D6F

➤ **TABLEAU DE DEFINITION DES OPERATIONS ELEMENTAIRES**

REPERE	SURFACES ASSOCIEES	MOTIFS DU GROUPEMENT	SYMBOLISATION
F2F+F3F+D5F	F2,F3,D5F	Outils à saigner	G1F
D4F+F4F	D4,F4	Outils couteau en ARS	G2F
D2F+F5F	D2,F5	Outils couteau en ARS	G3F
D1F+F6F	D1,F6	Outils couteau en ARS	G4F
D4F+F7F	D4,F7	Outils couteau en ARS	G5F
D2F+F8F	D2,F8	Outils couteau en ARS	G6F
D3F+F9F	D3,F9	Fraise 2T, 2levres	G7F
F11F+F12F+F13F	F11,F12,F13	Fraise 2T, 2levres	G8F

➤ **TABLEAU D'ANALYSE DES CONTRAINTES D'ANTERIORITE**

Arbre principal de Machine à décortiquer des pistaches	TABLEAU D'ANAYSE DES CONTRAINTES D'ANTERIORITE											
SURFACES	CONTRAINTES											
	DIMENSIONNELLES	GEOMETRIQUES						TECHNOLOGIQUES			ECONOMIQUES	
		//	⊥	◎	⊕	∠	≡	REPRI SE	OPRATIO N	BAVURES	MOINDRE USINAGE	FINITION
G1F	F1F											
G2E	G1F			B					G2E			
G2F/2	G1F			B					G2F/2			
G2F	G1F			B								
G3E	G2F											
G3F/2	G2F								G3E			
G3F	G2F								G3F/2			
G4F	G3F											
G5F	G6F											
G7F	G10F			B								
G8F	G7F						G7F					
G9F	G2F						G2F					
F1F												
F10F	F1F											
F17F	G7F											
D6F	F1F						G2F					

➤ MATRICE D'ORDONNANCEMENT DES OPERATIONS

TABLEAU DES NIVEAUX																			GONG DE TRACTEUR												
ENTREES																			NIVEAUX												
SORTIE		B	G1F	G2E	G2F /2	G2F	G3E	G3F /2	G3F	G4F	G5F	G6F	G7F	G8F	G9F	F1F	F10 F	F17 F	D6F	TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8			
	B		■																		0										
	G1F			■												1					1	0									
	G2E		1	■																	2	1	0								
	G2F/2		1	1	■																3	2	1	0							
	G2F		1	1		■															3	2	1	1	0						
	G3E						■														1	1	1	1	1	0					
	G3F/2						1	■													2	2	2	2	2	1	0				
	G3F						1		■												2	2	2	2	2	1	1	0			
	G4F									1	■										1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	G5F											■	1								1	1	1	1	0						
	G6F												■	1							1	1	1	0							
	G7F		1											■				1			2	1	0								
	G8F														■						1	1	1	0							
	G9F					1										■					1	2	1	1	1	0					
	F1F																■				0										
	F10F																1	■			1	0									
	F17F													1					■		1	1	1	0							
	D6F					1											1			■	2	1	1	1	1	0					
																				B, F1F	G1F F10F	G2E G7F	G2F/2 G6F G8F F17F	G2F G5F	G3E G9F D6F	G3F /2	G3F	G4 F			

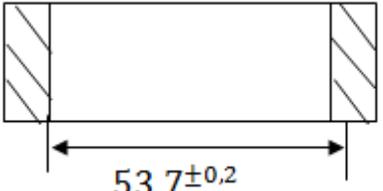
➤ **TABLEAU DE GROUPEMENT EVIDENT**

OPERATIONS ELEMENTAIRES	NIVEAUX
B,F1F, TOURNAGE	0
G1F,F10F	1
G2E, G7F FRAISAGE	2
G2F/2, G6F, G8F, F17F	3
G2F,G5F PERSAGE	4
G3E, G9F, D6F	5
G3F/2	6
G3F	7
G4F	8

➤ **TABLEAU DES PHASES**

N°PHASES	DESIGNATION DES PHASES	OPERATIONS
10	CONTROL DE BRUTE	/
20	TOURNAGE	B, F1F, G1F, F10F, G2E, G7F, G2F/2, G6F, G2F, G5F, G3E, G3F/2, G3F, G4F.
30	FRAISAGE	G8F, G9F, F17F
40	PERCAGE	D6F
50	CONTROL FINAL	/

➤ **TABLEAU DE SIMULATION D'USINAGE**

		Conditions	rep	Mini	Mini → Maxi ←	IT	Observation
				→	←		
	←→		C1	53,5	53,9	0,4	53,7±0,2
	↔		Cpm1	0,1			
			Cpm2	0,1			
			Cpm1		0,1	0,1	54 <sup>+0,3</sup>
	←→		C1		53,9	0,4	
	←→		C2	54		<b>0,3</b>	
			Σ	54	54		
	→		Cpm2		0,1	0,1	54,1 <sup>+0,2</sup>
	←→		Cb			<b>0,2</b>	
	←→		C2		54	0,3	
			Σ	54,1	54,1		

➤ **LES CONTRATS DE PHASES.**

FOLIO 7

FOLIO 8

FOLIO 9

FOLIO 10

FOLIO 11

FOLIO 12

FOLIO 13

## IV.2. PRESENTATION DU PROTOTYPE

### IV.2.1. Présentation du prototype

Le prototype de la *DECORTIQUEUSES DES GRAINES DE COURGES* que nous avons réalisé est constitué en partie du matériau de récupération et du neuf. Par conséquent, les dessins de définition n'ont pas été totalement respectés lors de la fabrication du prototype.



Figure 41 : Conduite

Figure 42 : Socle

Figure 43 : Trémie et socle

### IV.2.2. Difficultés de réalisations

Pendant la réalisation de notre machine, nous nous sommes heurtés à des difficultés pratiques. Nous n'avons énuméré ici quelques-unes d'elles et proposé des solutions palliatives.

- Difficulté de trouver la matière première ;
- Difficulté d'usinage ;
- Alignements des tambours ;
- Respecter l'écart entre les deux cannelures ;
- Régler le jeu entre les deux tambours dans l'optique de décortiquer les graines de toutes les tailles.

### IV.2.3. Suggestions

Dans les échéances à venir, nous suggérons de tenir compte de certains éléments afin d'améliorer la qualité de notre machine.

- Optimiser le système avec une unité de séchage en amont car parfois les graines ne sont pas suffisamment séchées ;

- Eviter les graines à vide d'où la nécessité d'un tri préalable ;
- Prévoir un système de séparation (coque et amande).

### IV.3. ETUDE FINANCIERE DU PROTOTYPE

Nous évaluons dans cette partie, les besoins en matière d'œuvre et en main d'œuvre afin d'estimer le coût de fabrication de la décortiqueuse. Nous allons utiliser à cet effet les prix d'acier sur le marché international et appliquer une TVA de 19,25%.

Notre devis estimatif prendra en compte 3 grands axes, à savoir :

- Le matériel ;
- La main d'œuvre (étude et réalisation) ;
- Les divers.

#### IV.3.1. Devis du matériel

Tableau 18 : Devis du matériel

Ref	DESIGNATIONS	Unité	QTE	PU	PT
1	Rond plein dimension 442*120	mm	2	20 000	40 000
2	Palier de roulement	Ens	4	12 500	50 000
3	Roulements SKF 61805	Ens	4	5 000	20 000
4	Courroie SPZ 1387mm	mm	1	5 000	5 000
5	Poulies Ø150 et Ø100	Ens	2	10 000	20 000
6	Paumelles	Ens	2	1 000	2 000
7	Boulonneries	Ens	24	125	3 000
8	Cornière 6000*40* 3 Barre de 6m	Ens	2	9 800	19 800
9	Clavette parallèle forme A 8*7*18	Ens	3	5 000	15 000
10	Tôle de 1000*500*1,5	mm	1	100 000	400 000
11	Chute 200*400*5	FF	1	4 500	4 500
12	Location moteur	FF	1	40 000	40 000
13	Disque à meuler	Ens	2	2 500	5 000
14	Disque à couper	Ens	9	1 500	13 500
15	Interrupteur	Ens	1	3 000	3 000

16	Peinture(L)	L	2	2 000	4 000
17	Diluant synthétique (L)	L	1	2 000	4 000
18	Baguettes de soudure Ø3.2mm	Ens	2	9 000	18 000
19	Antirouille (L)	L	2	5 000	5 000
20	Papier verts (3 mètres)	FF	1	1 500	1 500
21	Transport	FF			20 000
22	Divers	FF			30 000
Total 1 = 418 800 Frs CFA					

#### IV.3.2. Amortissement des équipements et main d'œuvre

Le tableau ci-dessous donne les coûts d'amortissement des équipements utilisés pour les différentes opérations de la fabrication y compris la main d'œuvre.

Tableau 19 : Amortissement et main d'œuvre

Ref	Equipements	Prix/heurs	Nb d'heure	PT
1	Tour	6000	9	54 000
2	Fraiseuse	8000	3	18 000
3	Meule	5000	8	40 000
4	Poste de soudure	8000	7	56 000
5	Ponceuse	1000	02	2 000
6	Cintreuse	5000	1	5 000
Total 2 = 175 000 Frs CFA				
Ref	DESIGNATIONS	QTE	PU	PT
1	Main d'œuvre étude	1	FF	100 000
2	Main d'œuvre réalisation	1	FF	150 000
Total 3 = 250 000 Frs CFA				

### IV.3.3. Estimation du cout de revient du prototype

$$\text{Montant total H.T : } M_T = \text{Total 1} + \text{Total 2} + \text{Total 3} \quad (42)$$

$$\text{Montant total H.T : } M_T = 843\,800 \text{ Frs CFA}$$

$$\text{Montant TVA X (19,25%) : } M_{TVA} = 641\,925 \text{ Frs CFA}$$

$$\text{Montant total TTC} = 1\,485\,725 \text{ Frs CFA}$$

### IV.3.4. Estimation du prix de vente d'une machine

$$\text{Cout de vente} = \text{cout de revient} + \text{bénéfice} \quad (43)$$

#### a. Budgétisation du projet

Soit la simulation du budget d'investissement pour la fabrication de 30 machines.

$$\text{Budget d'investissement} = 30 * \text{cout de production} + \text{cout de conception}$$

Avec : Le cout de production (Total 1+ Total 2) et le cout de conception Total 3

$$\text{Budget d'investissement} = 30 * (\text{Total 1} + \text{Total 2}) + \text{Total 3} \quad (42)$$

$$\text{An : budget d'investissement} = 12\,989\,000 \text{ Frs CFA}$$

#### b. Estimation du prix de vente d'une machine

$$\text{Cout de revient unitaire} = \text{budget d'investissement} / 30 \quad (43)$$

$$\text{Cout de revient unitaire} = 432\,970 \text{ Frs CFA}$$

En optant pour une marge bénéficiaire de 35%, nous obtiendrons un prix de vente unitaire de :

$$\text{Prix de vente} = \text{Cout de revient unitaire} + \text{bénéfice} \quad (44)$$

$$\text{Prix de vente} = 584\,510 \text{ Frs CFA}$$

## IV.4. PROPOSITION DE PLAN DE MAINTENANCE

La maintenance est le fait d'entretenir un objet afin de préserver ses caractéristiques initiales. Pour notre dispositif, afin d'assurer la longévité de l'équipement, des opérations de maintenance préventive systématique devront être exécutées comme suit :

Tableau 20 : Fiche de plan de maintenance préventive

FICHE DE PLAN MAINTENANCE PREVENTIVE					
Eléments	Description	Fréquence en h	468	936	1872
		Période	1,5 mois	3 mois	6 mois
Courroie	Tension		x	X	x
Assemblages	Réviser / serrage		x	X	x
Engrenages	Douceur de fonctionnement, vibrations			X	x
Arbres	Etat général (traces de grippage)				x
Roulements	Vibrations ,jeu et conditions des roulements à billes			X	x
Clavettes	Matage			X	x
Moteur	Vibrations ,bruits anormaux				x
	Tension, courant , vitesse de rotation			X	x
Circuit électrique	Etat général du branchement		x	X	x

## CONCLUSION

Il était question pour nous dans ce projet de mémoire de fin d'études de second cycle d'apporter une solution au problème décorticage des graines de courges afin de réduire l'écart des prix entre les graines décortiquer et non décortiquer. D'où le thème « **ETUDE ET REALISATION D'UNE MACHINE A DECORTIQUER LES GRAINES DE COURGES** » choisi à cet effet., pour apporter une solution nous avons, ainsi, réalisé une expérience de façon répétitive afin de déterminer la puissance optimale pour pouvoir séparer la coque de l'amande tout en exerçant une force connue à des hauteurs de chute variées. Ainsi, c'est à partir de cette puissance de décorticage que nous avons pu déterminer le type de notre moteur (**un moteur électrique asynchrone triphasé de type LS 100 L avec les caractéristiques suivantes : 2.2 KW – 1500tr/min – 230/240V – 50Hz – IP 55**) ; les éléments de transmission (**poulie-courroie type SPA 140-350 et une courroie SPA 1709**) et les principaux organes internes de la machine (**roulement SKF6006, clavette A 8\*7\*18**).

La machine conçue possède les caractérisés suivants :

- ✓ Un encombrement de 100\*50\*120
- ✓ Un poids net : 93 Kg
- ✓ Un rendement de 85 % après la réalisation et créant ainsi un écart de 13% par rapport au rendement initialement fixé soit 98% avec une flexibilité de  $\pm 5\%$

Comme souci à notre travail, nous avons rencontré durant notre période d'étude des difficultés à savoir : le manque des outils adéquats pour pouvoir déterminer les caractéristiques réelles de la graine, la non disponibilité de la documentation sur la conception d'une machine à décortiquer les graines de courge, le prix de réalisation de notre prototype très élevée ; le manque des ateliers de fabrication mécanique dans l'établissement de l'ENSET et même dans la ville d'Ebolowa.

Toutefois, nous espérons avoir apporter notre contribution dans le secteur agroalimentaire et précisément dans la technique de décorticage des graines de courge afin de satisfaire les consommateurs. En outre, notre machine présente des limites telles que :

- ✓ Le calibrage des graines ;
- ✓ La séparation des coques et des amandes ;
- ✓ La machine est bruyante.

Nonobstant cela, nous pouvons affirmer que notre objectif a été atteint et nous restons ouvert pour toute suggestion pouvant contribuer à amélioration de notre travail.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **J.M, Polèse.** *La culture des courges.* s.l. : Edition Artemis., 2006.
2. ", **A.L Loukou et al. 2006.** *Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire". African Journal of Biotechnology, Vol. 6. 5 March 2007.*
3. **S., Janick J.et Harry.** *The cucurbit Images (1515-1518) of the Villa Farnesina.* rome : Annals of botany., (2006). 97:165-176.
4. *Caractérisation agro-morphologique de cinq variétés de Cucurbitacées cultivées dans la région de Korhogo (Côte d'Ivoire) .* **Laopé Ambroise Casimir Siéné, Dago Faustin Soko, Lacina Fanlégué Coulibaly, Founnigué Karim Sanoko, Mamadou Koné et Séverin Ake.** 2018. Publication date : Journal of Animal & Plant Sciences, , 31/08/2018, Vol. Vol.37 Issue 2: 6033-6040 .
5. **Pahud Y., Tardy M. et Meldem M .** *Courge: citrouille et potiron.* s.l. : Edition Cabedita., 2006).
6. **Dépliant produit et réalisé par le CODEDEM avec l'appui de CTA.** Concombre Technique de culture.
7. **Caili F., Huan S. et Quanhong L.** *A review on pharmacological Activities and Utilisation Technologies of pumpkin.* *Plant Foods for Human Nutrition.* s.l. : 61:73-80., (2006).
8. *Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts.* **Xanthopoulou M. N., Nomikos T., Fragopoulou E et Antonopoulou S.** 42: 641–646, s.l. : Food Research International., (2009)., Vol. .
9. **Dénis MARCHAND, ,** "Le décorticage d'arachide" in "Une solution neuve à un problème ancien". Canada, page 11. *Disponible sur le site [www.google.com](http://www.google.com).* [En ligne] [Citation : 17 septembre 2019.]
10. **Philippe CARLIER, Cédric VANHOOLANDT, .** "Guide de fabrication d'un moulin à maïs manuel", . *Disponible sur le site [www.google.com](http://www.google.com).* . [En ligne] 2003, . [Citation : 17 septembre 2019.]

11. **ROUSSET, "**,. Enoiseuse (Décortiqueuse de noix) » in « Matériel pour la récolte et le travail des fruits". *site www.googl*. [En ligne] 2008. [Citation : 10 septembre 2019.] 2 pages, consulté .
12. **Dramé, J.F. Cruz & D.** Décortiqueur-blanchisseur «GMBF» pour fonio. *site <http://fonio.cirad.fr/>* . [En ligne] 2005. [Citation : 14 octobre 2019.]
13. **2018, LES MOULINS D'ALMA - décortiqueuse épeautre.htm consulté le 30 octobre.**  
[En ligne]
14. **SECK, Ibra.** *Expériences de décorticage mécanique des céréales (mil, sorgho, maïs) an Sénégal* . Dakar, Sénégal. : SISMAR. BP 3214, Dakar, Sénégal.
15. **Adrian J., Potus J. et Frangne.** *La science alimentaire de A à Z. 2eme.* Lavoisier.404. : Ed. Tec et Doc. , (1995).